وزارة المعارف العمومية

مراقبة الشؤون الثقافية العامة

إدارة الترجمة

# الكون الغامض

ألفه

سير جيمس جينز

SIR JAMES JEANS

A., D SC., SC.D., LL.D., F.R.S.

ترجمه

عبد الحميد حمدي مرسي

وكيل إدارة الترجمة

راجعه

دكتور علي مصطفى مشرفه بك

عميد كلية العلوم

الطبعة الثانية

القاهرة

طبع بالمطبعة الأميرية ببولاق

١٩٤٢

# محتويات الكتاب

بسم الله الرحمن الرحيم

# مقدمة المترجم

ولد السير جيمس جينز بلندن فى عام ١٨٧٧ ، وتخرج فى جامعة كمبردج بكلية ترنتى Trinity College ، ومنح زمالة هذه الكلية فى عام ١٩٠١ ، ثم عين مدرسا بجامعة كمبردج فأستاذا بجامعة پرنستون Princeton University بأمريكا فى عام ١٩٠٥ ، فهو إذن أستاذ وعالم بحكم عمله ونشأته . وهو فوق ذلك قريحة من خيرة القرائح فى عصرنا الحالى ، أغنى العلم بما أضافه إليه فى ديناميكة الغازات وفى النظرية الرياضية للكهرباء والمغنطيسية ، وفى تطور النجوم وطبائعها . وقد كان الأستاذ جينز رئيسا للجمعية الفلكية الملكية ( ١٩٢٥ — ١٩٢٧ ) وسكرتيرا للجمعية الملكية بلندن ( ١٩١٩ — ١٩٢٩ ) ومنح جوائز وأنواطا متعددة كما منحته الدولة لقب سير اعترافا بعلمه وفضله .

فإذا كتب الأستاذ جينز فى العلوم الطبيعية والرياضية ، أو تحدث عن علم الفلك ، فهو يكتب ويتحدث بوصفه عالما مطلعا وقف على ما وصلت إليه هذه العلوم ، واشترك فى تقدمها ، إلا أنه لا يكفى أن يكون الإنسان عالما مبرزا لكى يستطيع أن يبسط العلم للناس ، ذلك بأن تبسيط العلوم

يحتاج إلى مواهب خاصة لا تتوافر عادة عند معظم العلماء المبرزين ، ولعل السير جيمس جينز أكثر العلماء الانجليز نجاحا وتوفيقا فى التأليف العلمى المبسط ، فإن كتبه التى ألفها فى تبسيط العلوم قد انتشرت انتشارا عظيما بين قراء اللغة الانجليزية فى أنحاء العالم كما ترجمت إلى أكثر اللغات الحية .

ومن هذه المؤلفات كتاب "الكون الغامض" (The Mysterious Universe) الذى أقدم الآن ترجمته العربية إلى القراء ، وقد طبع هـذا الكتاب لأول مرة فى عام ١٩٣٠ . وما جاء عام ١٩٤٠ حتى كان قد أعيد طبعه للمرة الثامنة عشرة ، وقد نقح المؤلف الكتاب وعدل فيه ، فحذف منه وأضاف إليه ، وغير من عباراته ، ليجعله متفقا مع ما كشف عنه العلم الحديث من آراء جديدة ، وليجعل موضوعاته أكثر وضوحا وأقرب إلى عقل القارئ . ويتألف الكتاب من خمسة فصول : فى الشمس وما يتصل بها من حياة أو موت ، وفى الكون على ضوء علم الطبيعة الحديث ، وفى المادة والإشعاع ، وفى الجاذبية والأثير ، وفى بحوث فلسفية أخرى .

وقد يظن القارئ حين يقرأ رءوس هـذه الموضوعات أن فيها عمقا وصعوبة ، ولكنه لا شك واجد فى أسلوب المؤلف وطريقة عرضه لها من اليسر والوضوح ما يقربها إليه ، وما يغريه بالاسترسال فى قراءة غير هذا الكتاب مما ألف فى العلوم الطبيعية الحديثة . ويعد هذا الكتاب بحق من كتب "الأدب العلمى" الذى استحدثه بعض علماء الغرب الممتازين ليرقوا بالثقافة الشعبية عن طريقه ، وليستفيد منه الجمهور . ولقد ساهمت دور النشر فى الغرب فى نشر هذا "الأدب العلمى" فقدمت إلى الناس طبعات

مختلفة زهيدة الثمن من مؤلفات كبار العلماء فى هذا النوع من الأدب الجديد ليسهل اقتناؤها وتعم فائدتها ، ولسنا نجد مع الأسف الشديد مثل هذه الجهود فى اللغة العربية ، بل إن حظها منها ضئيل أو معدوم .

وقد أخذ المؤلف نفسه بأسلوب البحث العلمى الخالص ، فهو يعرض على القارئ آراء مختلفة فى المسألة الواحدة ، من غير أن يرجح رأيا على رأى ، أو يفرض على القارئ رأيا بذاته ، أو يصدر حكما له فى مسألة من المسائل ، بل يكتفى بهذا العرض و يترك القارئ حرا يستخلص لنفسه ما يشاء من النتائج و يكون له فيها رأيا مستقلا ، وهذا واضح كل الوضوح من قوله فى مقدمة كتابه " فلكل إنسان الحق فى أن يستنبط النتائج التى يرى استنباطها من الحقائق التى يعرضها العلم الحديث " ومن قوله الذى يختتم به هذا الكتاب " إن من واجب العلم أن يمتنع عن إصدار الأحكام ، ذلك أن نهر المعرفة كثيرا ما التوى على نفسه " فإذا ما خرج السير جينز عن هذه القاعدة ، فعرض رأيا خاصا له فى مسألة من المسائل ، فانه يدعو القارئ ألا يتقيد به وأن يأخذ فى تلك المسألة بالرأى الذى يرتضيه لنفسه و إن خالف رأيه هو وعارضه ، وحسبنا دليلا على ذلك قوله فى مقدمة الكتاب " وسيرى الكثيرون فيه غير ما رأيت وهذا هو الغرض الذى كتبته من أجله " .

هذه هى القواعد العلمية الثلاث التى بنى عليها الكاتب أسلوب بحثه العلمى وحدد بها معالمه ثم سار عليها فى كتابه ، فهو يكتفى بأن يعرض فيه شريطا سينميا عن الكون وما يتصل به من ظواهر طبيعية عرضا يلذ للقارئ متابعته فى غير عناء أو إرهاق ، و ينتقل به من صورة إلى صورة كما ينتقل مشاهد

السينما من منظر إلى منظر ، وهو فوق ذلك شريط رسمته يد مصور بارع يعرف كل صغيرة وكبيرة فى موضوع بحثه .

وهذه ترجمة عربية لهذا الكتاب ،لا تختلف عن الأصل الانجليزى إلا فيما اقتضته أصول الترجمة من التصرف ، الذى يتطلبه أسلوب اللغة العربية . وأرجو أن أكون قد وفقت فى هذه المهمة ، وأن ينتفع بها قراء اللغة العربية الذين قد لا تتاح لهم الفرصة لقراءة الأصل الانجليزى . ولقد أورد المؤلف فى كتابه ما رأيت أنه فى حاجة إلى تعليق تتم به الفائدة المرجوة من هذه الترجمة العربية ، كما أورد أسماء طائفة كبيرة من الثقات فى العلم والفلسفة والأدب ، فأثبتّ هذه الأسماء بالانجليزية فى أسفل الصفحات التى وردت فيها ، ثم ذيلت الكتاب بدليلين أحدهما برءوس الموضوعات والآخر بأسماء العلماء ، ليسهل على القارئ الاطلاع على موضوع خاص يريد الاطلاع عليه أو على رأى لأحد هؤلاء العلماء يرغب أن يتبينه ، كذلك رأيت إتماما للفائدة أن أذيل الكتاب بما ورد فيه من المصطلحات العلمية ، مرتبة حسب ترجمتها العربية أولا ثم حسب أصلها الانجليزى ثانيا ، ليزيد بذلك نفعه وتعم فائدته .

عبد الحميد حمدى مرسى

# تقــدمة

فى هــذا الكتاب بسط لمحاضرة ريد [١] (Rede Lecture) التى ألقيتهــا فى جامعة كمبردج فى نوفمبر من عام ١٩٣٠

إن من الاعتقادات الشائعة أن التعاليم الجديدة فى الفلك والعــلوم الطبيعية لا بد أن تحدث انقلابا كبيرا فى نظرتنــا إلى الكون كله ، وفى آرائنا عن معنى الحياة البشرية . وذلك فى الحقيقة بحث من الأبحاث الفلسفية ؛ ولكن قبل أن يحق للفلاسفة أن يتكلموا يجب أن يطالب إلى العلم أن يدلى بكل ما يستطيع الإدلاء به من حقائق مؤكدة وفروض مؤقتة ؛ عندئذ ، وعندئذ فقط ، يمكن من غير حرج أن ينتقل البحث إلى نطاق الفلسفة .

وقد أقدمت على تأليف هذا الكتاب متأثرا بمثل هذه الآراء ؛ وكثيرا ما خالجتنى الشكوك فلم أدر هل يحق لى أن أضيف شيئا إلى الكثير الذى كتب فى هذا الموضوع . ولا أستطيع أن أعزو لنفسى مؤهلات خاصة أكثر مما هو معروف عن الميزة التى تتاح لكل من يقصر عمله على المشاهدة ؛

---

(١) تلقى محاضرات تذكارية كل عام باسم أفراد من النوابغ يراد تخليد ذكراهم ، منها هذه المحاضرة ومحاضرة ابن الهيثم التذكارية التى تلقى فى كليــة الهندسة بجامعة فؤاد الأول تخليــدا لذكراه .

فلست فيلسوفا بتجاربى ولا بميولى ، وقد بقيت جهودى العلمية سنوات كثيرة خارج ميدان الفروض الطبيعية المتضاربة .

ويجد القارئ فى الأربعة الفصول الأولى التى تكوّن أهم أجزاء الكتاب أبحاثا مختصرة ، بعيدة كل البعد عن التفاصيل ، فى موضوعات علمية ، يخيل إلىّ أنها من النوع الذى يثير الاهتمام ، والذى يزودنا بمادة تصلح لأن تكون أساسا للبحث فى المسائل الفلسفية النهائية . ولقد تحاشيت بقدر المستطاع أن أكرر ما قلته فى كتاب لى قبل هذا ، وهو كتاب "الكون الذى حولنا" (The Universe Around US.) لأنى أرجو أن يقرأ كتابى هذا على أنه حلقة متممة لكتابى السابق ، ويستثنى من هذا ما احتواه هذا الكتاب من المادة التى يستلزمها البحث الرئيسى ؛ وذلك لكى يصير مستقلا بنفسه .

ويختلف الفصل الأخير عن سائر فصول الكتاب ، ذلك أن من حق كل إنسان أن يستنبط النتائج التى يرى استنباطها من الحقائق التى يعرضها العلم الحديث . وقد أثبتّ فى هذا الفصل الآراء التى أميل أنا ، البعيد عن ميادين الفكر الفلسفى ، إلى أن أفسر بها الحقائق العلمية والفروض التى بحثتها فى الفصول الرئيسية من الكتاب ، وسيرى الكثيرون فيه غير ما رأيت ، وهذا هو الغرض الذى كتبته من أجله »

دوركنج سنة ١٩٣٠ ج . هـ . جينز

ولقد حاولت عند إعداد الطبعة الثانية أن أرقى بالمادة العلمية فى الأربعة الفصول الأولى إلى ما وصل إليه العلم فى الوقت الحاضر ، وأن أزيل كل ما فى حججى من غموض . وقد وجدت ، مع الأسف ، أن بعض أجزاء من الكتاب فى صيغته الأولى قد أسيء فهمها وتأويلها ، بل اقتباسها ، بطرق مختلفة لم تكن فى الحسبان ، ولذلك محوت بعضها ، وكتبت بعضها من جديد ، وفصلت القول فى غيرها تفصيلا ، ثم أضفت إلى الكتاب فى مواضع منه متفرقة فقرات جديدة ، وأحيانا صفحات كاملة لعلى أجعل البحث أكثر وضوحا .

دوركنج سنة ١٩٣١ — ج . ه . چينز

*
* *

” قلت : والآن دعنى أصوّر لك المدى الذى بلغتـه طبائعنا من العلم “
” أو الجهل : تأمل ! الناس يعيشون فى كهف تحت الأرض له باب يتجه “
” نحو الضوء ، ويمتد بطول الكهف كله . فى هذا الكهف عاش الناس “
” منذ طفولتهم ، وقد شدّت أرجلهم وأعناقهم فلا يستطيعون حراكا ، ولا “
” يرون إلا ما أمامهم ، لأن السلاسل التى أوثقوا بها تمنعهم من أن يديروا “
” رءوسهم ، ومن فوقهم ووراءهم نار تستعر من بعيد ، وبين النار وهؤلاء “

" المسجونين طريق مرتفع، فاذا نظرت إلى هذا الطريق، رأيت جدارا "
" منخفضا، ممتدا على طوله، كأنه الستار الذى يضعه لاعبو الدمى أمامهم "
" ويظهرونها من فوقه . "

" إنى أرى ذلك . "

" ثم قلت : وهل ترى الناس يسيرون على طول الجدار يحملون أوعية "
" مختلفة الأنواع. وتماثيل وصور حيوانات مصنوعة من خشب وحجارة، "
" ومواد أخرى مختلفة تظهر من فوق الجدار ؟ "

" لقد عرضت علىّ صورة غريبة، وما أغرب هؤلاء السجناء ! "

" فقلت : إنهم مثلنا، لا يرون إلا ظلالهم، أو ظلالا أخرى غير ظلالهم، "
" تلقيها النار على الجدار المقابل لباب الكهف . "

" قال : هذا حق، وكيف يستطيعون أن يروا غير الظلال إذا لم يسمح "
" لهم أن يحركوا رءوسهم ؟ "

" أولا يرون من الأجسام التى تحمل بمثل هذه الطريقة إلا ظلا لها؟ "

" قال : بلى . "

" فقلت له : إن الحقيقة ليست إلا ظلالا لصور، ولست أقول ذلك "
" على سبيل المجاز، بل على سبيل الحقيقة . "

(جمهورية أفلاطون — الكتاب السابع) .

# الفصل الأوّل

## الشمس المحتضرة

من النجوم عدد قليل لا يكاد يكبر الأرض ؛ ولكن أغلب النجوم كبير إلى حد يجعل من الممكن أن يجمع مئات الآلاف من الأرضين فى أحدها ، ثم يبقى فيه بعد ذلك متسع لغيرها . وقد يصادفنا أحيانا عملاق هائل من النجوم ، يبلغ من الكبر حدا يتسع معه لاحتواء ملايين الملايين من الأرضين ؛ وربما كان مجموع عدد النجوم التى فى الكون قريبا من مجموع عدد حبيبات الرمل التى تغطى شواطئ البحار فى العالم كله . ألا ما أصغر شأن موطننا فى الفضاء بالنسبة إلى سائر ما فى الكون من مواد !

وهذا الجمع العظيم الحاشد من النجوم يسبح فى الفضاء ، وفيه عدد قليل يكوّن مجموعات تسير مترافقة ، ولكن أغلبها يجوب الآفاق منفردا ، فى كون متسع الأرجاء اتساعا يجعل اقتراب نجم من نجم آخر فى أى مكان حادثا نادرا يصعب تصوّر حدوثه ؛ ولهذا نرى كلا منها يسبح منفردا ، فى عظمة وجلال ، كأنه سفينة تسبح فى محيط لا تشاركها فيه سواها . وإذا مثلنا الكون بنموذج ذى مقياس رسم معين ، تعرض فيه النجوم بحجم السفن ، كان متوسط المسافة بين كل سفينة وأقرب جارة لها يزيد على مليون من الأميال ؛ ولهذا يسهل علينا أن نعرف لماذا يندر أن تلتقى سفينة بأخرى ، على مسافة تستطيعان منها أن تتبادلا التحية .

على أننا نعتقد ، برغم هذا ، أن ذلك الحدث النادر قد وقع منذ زمن يقرب من ألفين من ملايين السنين ؛ فقد اتفق أن نجما ثانيا كان يسبح على غير هدى فى الفضاء ، اقترب من جرم الشمس ، فأثار هذا النجم الثانى مدودا على سطح الشمس ، تشبه ما تثيره الشمس والقمر على سطح الأرض من مدود؛ ولكنها كانت من غير شك أعظم من المدود التى تحدثها كتلة القمر فى المحيطات ؛ ولا بد أن موجة مد هائلة كانت قد انتقلت فوق سطح الشمس حتى كونت فى النهاية جبلا هائل الارتفاع ، يزداد علوا كلما ازداد سبب الاضطراب قربا . وقبل أن يأخذ النجم الثانى فى الارتداد عن شمسنا ازدادت قوة جذبه المدى ، حتى حطمت هذا الجبل ومزقته ، فتناثرت منه قطع صغيرة ، كما يتناثر الرشاش من أعلى الموجة ، وأخذت هذه القطع الصغيرة المتناثرة تدور حول أمها الشمس ، ومازالت تدور حولها إلى الآن ؛ وكان منها الكواكب ، كبيرها وصغيرها ، ومن بينها أرضنا .

والشمس وغيرها من النجوم التى نراها فى السماء كلها شديدة الحرارة ، مما يجعل وجود الحياة فيها أو استقرارها أمرا متعذرا ، وكذلك كانت من غير شك قطع الشمس عندما انفصلت عنها أول الأمر ، غير أنها أخذت تبرد تدريجا حتى لم يبق فيها الآن سوى حرارة داخلية قليلة ، وأصبحت تستمد كل حرارتها ، إلا قليلا ، من إشعاع الشمس . وقد حدث مع مرور الزمن أن نشأت الحياة على إحدى هذه القطع الباردة ، وإن كنا لا نعرف سبب وجودها ، ولا ندرى كيف وجدت أو متى وجدت . وقد بدأت هذه الحياة فى صورة كائنات أولية لا تكاد تزيد مقدرتها الحيوية على ن تتكاثر ثم يدركها الفناء ؛ ولكن من هذه البدايات المتواضعة انبثق

تبع من الحياة ، وأخذت تتقدم وتزداد تعقيدا ، حتى انتهت إلى هـذه المخلوقات التى تركزت حياتها ، حول عواطفها وأطماعها ، وحول تذوقها للجمال ، وحول الأديان التى يتمثل فيها منتهى آمالها وأنبل أمانيها .

وأكبر الظن أن الإنسانية قد ظهرت فى الوجود بمثل هـذه الطريقة ، وإن كنا لا نستطيع أن نتحدث بهذا عن يقين . ونحن إذ نقف على أرضنا تلك الحبيبة الرملية المتناهية فى الصغر، نحاول أن نكشف عن طبيعة الكون الذى يحيط بموطننا فى الفضاء والزمن وعن الغرض من وجوده ، نحسّ فى أول الأمر بما يشبه الذعر والهلع . وكيف لا يكون الكون مخيفا مرعبا وهذه أبعاده هائلة لا تستطيع عقولنا إدراك مداها ، وقد مرت عليه أحقاب طويلة لا يمكن تصورها ، ويتضاءل إلى جانبها تاريخ الإنسان حتى يبدو وكأنه لمح البصر ؛ وهو مخيف مرعب لما نشعر به من وحدة مرهوبة ، وما نعلمه من ضآلة موطننا فى الفضاء ، ذلك الموطن الذى لا يزيد على جزء من مليون جزء من إحدى حبيبات الرمال التى فى بحار العالم . ولكن أخوف ما يخاف العالم من أجله أنه لا يعنى ، كما يلوح ، بحياة مثل حياتنا . وكأن عواطفنا ومطامعنا وأعمالنا وفنوننا وأدياننا كلها غريبة عن نظامه وخطته . وقد يكون من الحق أن نقول إن بينـه وبين حياة كحياتنا عداء قويا ؛ ذلك بأن الفضاء فى أكثر أجزائه بارد الى حد تتجمد فيه كل أنواع الحياة ؛ كما أن أكثر المادة التى فى الفضاء تبلغ من الحرارة حدا يجعل الحياة فيه مستحيلة وأن الفضاء تذرعه إشعاعات مختلفة الأنواع لا تنفك تصدم ما فيه من أجرام فلكية ؛ وقد يكون كثير من هذه الإشعاعات معاديا للحياة أو مبيدا لها .

هذا هو الكون الذى ألقت بنا فيه الظروف ؛ واذا لم يكن حقا أن ظهورنا حدث بسبب غلطة وقعت فيه ، فلا أقل من أن يكون نتيجة لما يصح أن يوصف بحق أنه " مصادفة " ؛ ويجب ألا يثير استعمال هـذه الكلمة حول وجود أرضنا أى عجب ، لأن المصادفات لا بد واقعة ، واذا استمر الكون زمنا طويلا كافيا فقد يحدث فيه فى الوقت المناسب كل ما نستطيع تصوره من المصادفات ؛ وأظن أن " هكسلى " [1] هو الذى قال: " إنك اذا تركت ستة قردة تضرب بأصابعها على آلة كاتبة ، دون قصد أو تفكير ، مدى ملايين الملايين من السنين ، فانها فى النهاية تكون قد كتبت كل كتب المتحف البريطانى [2] . فلو جئنا بآخر صفحة كتبها أحد تلك القردة ، حينما كان يضرب بأصابعه الآلة الكاتبة على غير هدى ، ووجدناه قد كتب مصادفة إحدى أغانى شكسبير [3] لحقّ لنا أن نرى فى هذه الحادثة مصادفة عجيبة . ولكننا اذا فحصنا عن جميع ملايين الصفحات التى كتبتها القردة فى ملايين السنين التى يخطؤها الحصر ، فاننا لا شك واجدون فيها أغنية لشكسبير جاءت بها المصادفة العمياء . وبمثل هذه الطريقة تُلاقى ملايين الملايين من النجوم جميع أنواع المصادفات وهى تسبح فى الفضاء على غير هدى منـذ ملايين الملايين من السنين ، ولكن عددا محدودا منها مقدّر عليه أن يلاقى ذلك النوع الخـاص من المصادفة التى أظهرت للوجود المجموعات الكوكبية ؛ غير أن التقدير الحسابى يبين أن عدد هذه المجموعات ، مهما كبر ، صغير جدا إذا قيس بعدد نجوم السماء ، أى أن المجموعات الكوكبية لا بد أن تكون قليلة جدا فى الفضاء .

---

(١) T.H. Huxley (٢) British Museum (٣) Shakespeare

وهذه القلة فى المجموعات الكوكبية أمر عظيم الأهمية ، لأن حياة كالحياة التى نعرفها على الأرض لا يمكن أن تنشأ إلا على كواكب كالأرض، ذلك بأن وجودها يتطلب ظروفا طبيعية مناسبة لها ، وأهمها درجة من الحرارة تستطيع الأجسام فيها أن تبقى سائلة .

فأما النجوم فانها لفرط حرارتها لا تصلح لهذا الغرض ؛ وفى وسعنا أن نتصورها مجموعة واسعة من النيران موزعة فى الفضاء ، تنشر الحرارة فى جو لاتزيد حرارته على أربع درجات فوق الصفر المطلق — أى نحو ٤٨٤ درجة من درجات الصقيع بمقياسنا الفهرنهيتى ، وقد تصل إلى أقل من ذلك فى أرجاء الفضاء المتسعة التى تقع خارج المجرة . فاذا بعدنا عن تلك النيران وجدنا البرودة التى لا يمكن تصورها ، والتى تصل إلى مئات من درجات الصقيع ، أما ما يجاور هذه النيران ففيه حرارة تصل درجتها إلى الآلاف ، وفيها تنصهر الأجسام الجامدة وتغلى السوائل .

ولا يمكن أن توجد الحياة إلا فى منطقة معتدلة ضيقة ، تحيط بكل من هذه النيران على مسافة محدودة معينة لا تتعداها ، لأنها تجمد من شدة البرد فى خارجها ، وتحترق لشدة الحر فى داخلها . واذا أضيفت هذه المناطق الصالحة للحياة بعضها إلى بعض لم تبلغ سعتها جزءا من ألف مليون جزء من الفضاء كله بوجه التقريب . وحتى فى داخل هذه المناطق تكون الحياة نادرة الحدوث جد الندرة . فليس من المصادفات العادية أن تقذف الشموس بعيدا عنها كواكب كما قذفت شمسنا ؛ وإنه لمن المحتمل أن يكون لنجم واحد فقط من بين ١٠٠,٠٠٠ من النجوم كوكب يدور حوله فى المنطقة الضيقة التى يمكن أن توجد فيها الحياة .

ولهذا السبب عينه لا يمكن أن يصدّق أن العالم قد وجد قبل كل شيء لأن ينتج حياة مثل حياتنا؛ ولو كان الأمر كذلك لتوقعنا أن تكون النسبة بين بناء الكون وبين ما فيه من حياة خيرا مما هي الآن ؛ ويلوح لأول وهلة على الأقل أن الحياة ليست إلا نتاجا ثانويا لا خطر له على الإطلاق، وأننا نحن الأحياء عرض من الأعراض .

ولا ندرى أتكفى الظروف الطبيعية المناسبة وحدها لأن تخلق الحياة ؟ فإحدى مدارس الفكر تقول إن الأرض حين بردت تدريجا كان من الطبيعى، بل يكاد يكون من الضرورى، أن توجد على ظهرها الحياة . وتقول مدرسة أخرى إنه بعد أن أوجدت الأرض إحدى المصادفات ، كان لا بد من مصادفة ثانية لتخرج الحياة . والذى نعلمه نحن أن الأجزاء المادية التى يتكوّن منها كل جسم حى هى الذرات الكيميائية العادية — هى الكربون ، الذى نجده فى السناج أو دخان المصباح ، والأيدروجين والأوكسيجين اللذان نجدهما فى الماء ، والأزوت الذى يكوّن أكبر جزء فى الهواء الجوى ، وما إلى ذلك . ومعنى هذا أن كل نوع من أنواع الذرة اللازمة للحياة قد وجد من غير شك على الأرض حين ولدت ،وربما حدث فى بعض الفترات أن رتبت مجموعة من الذرات نفسها كما تترتب فى خلية حية . وفى الحق أن هذه الذرات إذا أتيح لها الوقت الكافى لابد أن ترتب نفسها هذا الترتيب ، كما لابد أن تكتب القردة الستة أغنية لشكسبير بالآلة الكاتبة إذا أمهلت الوقت الكافى . ولكن هل تصير هذه الذرات خلية حية ؟ أو بعبارة أخرى : هل الخلية الحية مجرد مجموعة من الذرات العادية، مرتبة بطريقة غير الطريقة العادية أو هى شيء أكثر من هذا ؟ هل هى

مجرد ذرات ، أو هى ذرات وحياة معا ؟ وفى وسعنا أن نعرض المسألة عرضا آخر فنقول : هل يستطيع كيميائى حاذق أن يخلق الحياة من الذرات الضرورية لها ، كما يستطيع صبى أن يصطنع من "أجزاء آلية" لعبة من اللعب و يطلقها فتسير ؟ إننا لا نعرف لهذه المسألة جوابا ، ولكننا حين نعلم الجواب سنهتدى فى ضوئه إلى أن نعرف هل العوالم الأخرى التى فى الفضاء مسكونة مثل عالمنا ؟ وسيكون لهذا العلم من غير شك أكبر الأثر فيما نفهمه من معنى الحياة . وقد يحدث من ذلك ثورة فى الأفكار أعظم شأنا من الثورة التى أحدثها جاليليو [١] فى علم الفلك ، وداروين [٢] فى علم الأحياء .

ومهما يكن من شىء، فاننا نعرف حقا أن المادة، و إن كانت تتكون من ذرات عادية ، يتكون معظمها من ذرات لها قدرة خاصة على التجمع فى جماعات غير عادية أو "جزيئات" .

وكثير من الذرات ليس له هذه الخاصة ، فذرات الأيدروچين والأكسيچين مثلا يمكن أن تتجمع لتكون جزيئات من الأيدروچين ( يد$_٢$ أو يد$_٣$ ) ، وجزيئات من الأكسيچين أو الأزون ( ا$_٢$ أو ا$_٣$ ) ، أو جزيئات من الماء (يد$_٢$ ا) ، أو جزيئات من فوق أكسيد الأيدروچين ( يد$_٢$ ا$_٢$ ) ؛ ولكن ليس من هذه المركبات ما يحتوى على أكثر من أربع ذرات ، و باضافة الأزوت لها لا يتغير حالها كثيرا . فمركبات الأيدروچين والأكسيچين والأزوت ، كلها تتكون من ذرات قليلة العدد نسبيا . ولكنك إذا أضفت إليها الكربون تغيرت الصورة كل التغيير ، ذلك أن ذرات

(١) Galileo Galilei (٢) C.R. Darwin

الأيدروچين والأكسيچين والأزوت والكربون تتحد لتكون جزيئات تحتوى على مئات أو آلاف بل وعشرات الآلاف من الذرات ؛ ومن هذه الجزيئات تتكون معظم الأجسام الحية . وكان الرأى السائد منذ قرن مضى أن " قوة حيوية " يجب توافرها لإحداث هذه المواد وغيرها من المواد التى تدخل فى تكوين الجسم الحى ؛ فلما جهز وهلر[1] فى معمله البولينا (ك ازيد٢) التى هى إنتاج ينفرد به الحيوان ، واستخدم فى تجهيزها عمليات التكوين الكيميائى المعتادة ، تبع ذلك ، فى الوقت المناسب ، تجهيز بعض مكونات الجسم الحى ، فالظواهر التى كان ينسب حدوثها فى وقت من الأوقات إلى " قوة حيوية " أصبحنا الآن نرجعها ظاهرة فى أثر ظاهرة إلى فعل عمليات عادية مألوفة فى علمى الطبيعة والكيمياء . ومع أن المسألة لا تزال بعيدة عن الحل ، فان الأيام تقوى الفكرة القائلة بأن الذى يميز مادة الأجسام الحية بصفة خاصة ليس وجود " قوة حيوية " بل وجود الكربون ، هذا العنصر العادى الذى يشترك دائماً مع ذرات أخرى ويكون معها جزيئات كبيرة جد الكبر .

وإذا كان الأمر كذلك ، فان الحياة توجد فى العالم لأن لذرة الكربون خواص استثنائية . وقد يكون من أهم العوامل التى تزيد فى أهمية الكربون أنه يكون مرحلة انتقال بين العناصر الفلزية وغير الفلزية . غير أنه لا يعرف حتى الآن عن التركيب الطبيعى لذرة الكربون ما يعلل سبب قدرتها الخاصة على ربط الذرات الأخرى بعضها ببعض . وكل الذى نعرفه أن ذرة الكربون تتكون من ستة كهارب (الكترونات) تدور حول نواتها المركزية الخاصة

---

(1) F. Wöhler

كما تدور ستة كواكب حول شمس مركزية . ويلوح أن كل الفرق بينها وبين أقرب جارتين لها فى جدول العناصر الكيميائية ، وهما ذرتا البورون والأزوت ، أنها تزيد بقدر كهرب واحد على كهارب الذرة الأولى ، وتنقص بقدر كهرب واحد عن كهارب الذرة الثانية . غير أن هذا الفرق الضئيل هو الذى يعلل فى آخر الأمر كل ما بين وجود الحياة وانعدامها من خلاف . ومما لاشك فيه أن سبب امتياز الذرة ذات الستة الكهارب بهذه الخواص العجيبة كامن فى قوانين الطبيعة النهائية ؛ غير أن العلوم الرياضية الطبيعية لم تسبر غور هذه المسألة بعد .

وفى الكيمياء حالات معروفة مشابهة لهذه الحال نفسها ؛ فظواهر المغنطيسية تظهر قوية هائلة فى الحديد ، وتظهر بدرجة أقل فى جاريه : معدنى النيكل والكوبلت ، وتحتوى ذرات هذه العناصر على ٢٦و٢٧و٢٨ من الكهارب على الترتيب . أما الخواص المغنطيسية فى جميع الذرات الأخرى فانها لا تكاد تستحق الذكر بالقياس إلى هذه الذرات السابقة ؛ فالمغنطيسية إذن يقف وجودها على الخواص المعينة فى الذرات ذات الكهارب الستة والعشرين والسبعة والعشرين والثمانية والعشرين ، ولا سيما الذرة الأولى ؛ وذلك لسبب لانعرفه ولم تعنا الرياضيات الطبيعية على معرفته فى هذه الحالة أيضا . وثمة حالة ثالثة من هذا النوع ، وهى ظاهرة النشاط الإشعاعى ، فهذا النشاط مقصور على الذرات التى تحوى كهارب يتراوح عددها بين ٨٣ و٩٢ ، إلا فى حالات نادرة لاتستحق الذكر . ولسنا نعلم سببا لهذا أيضا .

وملاك القول أن الكيمياء لا تستطيع أن تطلب إلينا أكثر من أن نضع الحياة فى مرتبة المغنطيسية والنشاط الإشعاعى . وقد بنى العالم بحيث

يسير طبقا لقوانين خاصة ، وكان من نتائج هذه القوانين أن صارت للذرات التى تحتوى على أعداد معينة محدودة من الكهارب ، وهى ٦ وما بين ٢٦ و ٢٨ وكذلك ما بين ٨٣ و ٩٢ ، خواص معينة تتكشف فى ظواهر الحياة والمغنطيسية والنشاط الإشعاعى على الترتيب . إن الخالق القادر على كل شىء والذى لا يخضع للقيود أيا كان نوعها لا يقيد نفسه بالقوانين التى تسود هذا الكون ، وربما اقتضت مشيئته أن ينشئ الكون على حسب طائفة أخرى من القوانين التى لا يمكن حصرها . فاذا كانت مشيئته قد اقتضت أن يختار طائفة أخرى من القوانين فربما كان ثمة مع هذه القوانين ذرات معينة أخرى ذات خواص معينة أيضا . وليس فى وسعنا أن نقول ما هى هذه الذرات ، وما هى خواصها ؛ ولكننا نستطيع أن نحكم من المبادئ الأولية أنه ليس من المحتمل أن يكون النشاط الإشعاعى أو المغنطيسية أو الحياة بين هذه الخواص ؛ ذلك أن علم الكيمياء يشير الى أن الحياة كالمغنطيسية والنشاط الإشعاعى ربما كانت مجرد نتيجة عارضة لمجموعة القوانين الخاصة التى تسيطر على الكون الحاضر .

كذلك قد تكون كلمة "مصادفة" موضع اعتراض ، فقد يقال : ماذا يمنع أن يكون مبدع الكون قد اختار طائفة خاصة من القوانين لغرض واحد ، وهو أنها قد أدت إلى ظهور الحياة ؟ وماذا يمنع أن تكون هذه هى طريقته فى خلق الحياة ؟ إننا ما دمنا نفترض وجود خالق على هذه الصورة البشرية المعظمة ، تحركه أحاسيس وميول كالتى تحركنا نحن ، فان الفروض السابقة تصبح أقوى من أن تحتاج الى حجج تؤكدها ؛ لكنا إذا نحن محونا من أذهاننا كل ما فيها من آثار هذه النظرة — نظرتنا إلى الخالق كأنه

إنسان عظيم — لم يبق بعد ذلك ما يدعو إلى القول بأن القوانين الحاضرة قد اختيرت عن قصد لإيجاد الحياة ، فلربما كانت قد اختيرت مثلا لاستحداث المغنطيسية أو النشاط الإشعاعى. والحق أن هذا أكثر احتمالا ، لأن الظواهر كلها تدل على أن لعلم الطبيعة شأنا فى هـذا الكون يربى كثيرا على شأن علم الحياة . وإذا نظرنا إلى الأمر نظرة مادية محضة ، بدا لنا أن فكرة ضآلة الحياة تسرع بنـا إلى القضاء على كل تفكير فى أن الحيـاة هى أهم ما يعنى به مبدع الكون الأعظم .

وقد يكون فى التشبيه الآتى ، على تفاهته ، ما يجعل الأمر أكثر وضوحا . لقد يظن بحار غير ذى خيال ، تعود عقد العقد ، أنه يستحيل عبور المحيط اذا استحال عقدها ، ولكن قدرة العقد مقصورة على الفضاء ذى الأبعاد الثلاثة ، ولا يمكن عقد عقدة فى فضاء له بعد واحد ، أو بعدان ، أو أربعة أبعاد ، أو خمسة ، أو أى عدد آخر من الأبعاد . وربما استنبط بحارنا عديم الخيال من هذا أن خالقا رءوفا كان يشمل البحارة برعايته الخاصة ، فاختار أن يكون الفضاء ذا أبعاد ثلاثة ، حتى يصير من الممكن عقد العقد وعبور المحيط فى الكون الذى خلقه ، أى أن الفضاء قـد كان ذا أبعاد ثلاثة ليكون ثمة بحارة . ويلوح أنه ليس ثمة فارق كبير بين هذا المنطق والمنطق السابق ، وأن كليهما من حيث القوة سواء ، لأن الحياة بصفة عامة وعقد العقـد يكادان يتساويان فى أن كلا منهما لا يمثل أكثر من جزء تافه من مجموع نشاط الـكون المـادى .

وحسبنا هذا بيانا للطريقة العجيبة التى ظهرنا بها فى الوجود ، وهى كل ما تستطيع العلم أن يدلى به فى الوقت الحـاضر . وإن دهشتنا لتزداد إذا

نحن حاولنا أن ننتقل من البحث فى أصل وجودنا لنتفهم الغرض من وجودنا فى الحياة ، أو نتنبأ بالمصير الذى يخبئه القدر لسلالتنا البشرية .

إن الحياة كما نعرفها لا يمكن أن تبقى إلا فى حالات مناسبة من الضوء والحرارة ؛ ونحن إنما نعيش لأن الأرض تستقبل من إشعاعات الشمس المقدار المناسب بالضبط ؛ فاذا ما اختل هذا التوازن ، ورجحت الكفة نحو أحد الاتجاهين : نحو الزيادة أو النقص ، فان الحياة لابد أن تختفى من الأرض ؛ وحقيقة الموقف هى أنه من السهل جدا أن يختل هذا التوازن .

ولابد أن يكون الإنسان الأول ، عندما كان يقطن فى المنطقة المعتدلة من الأرض ، قد شاهد بشىء من الفزع عصر الجليد يقترب من موطنه . لقد كان يرى أنهار الجليد فى كل عام تتقدم باطراد فى الوديان ، ويحس أن الشمس فى كل شتاء أقل مقدرة على أن تمد الحياة بالحرارة اللازمة ، ولابد أن يكون قد ظهر له ، كما يظهر لنا الآن ، أن الكون يناصب الحياة العداء .

ونحن ، أبناء هذه الأيام المتأخرة ، الذين نعيش فى المنطقة المعتدلة الضيقة المحيطة بشمسنا ، ننظر الى المستقبل البعيد فنرى عصرا جليديا من نوع آخر يهددنا . لقد قدر على تنتالوس (١) أن يموت صاديا ، وهو

---

(١) Tantalus : شخصية من شخصيات أساطير الإغريق أغضب الآلهة فصبت عليه العذاب فكان يغمره الماء حتى عنقه ، فاذا حاول أن يروى ظمأه انحسر عنه الماء من كل ناحية ، وهكذا قضى عليه أن يموت ظمآنا ومن حوله وتحت قدميه الماء الدافق .

واقف وسط بحيرة تكاد تبتلعه لشدة عمقها ؛ وتلك مأساة تنتظرنا نحن أيضا ، فربما قدر علينا أن نموت من البرد ، على حين أن الجزء الأكبر من مادة الكون لا يزال شديد الحرارة ، لا يسمح للحياة أن تستقر فيه ؛ ذلك أن الشمس ليس لها مصدر خارجي تستمد منه حرارتها ، ولا بد إذن أن يقل بالتدريج مقدار ما تبعثه من إشعاع هو مصدر الحياة ؛ فاذا استمرت الحال كذلك فان المنطقة المعتدلة من مناطق الفضاء ، وهى وحدها التى توجد فيها الحياة ، تقترب من الشمس شيئا فشيئا ؛ واذا أريد أن تبقى أرضنا صالحة للحياة ، فلابد لها أن تقترب دائما من الشمس المحتضرة . لكن العلم يخبرنا أن الأرض لا تقترب من الشمس ، بل إن قوانين الحركة ، وهى قوانين ثابتة لا تتحوّل ، تعمل حتى فى وقتنا هذا على أن تبعد أرضنا عن الشمس ، وتدفعها نحو مناطق البرد والظلام الخارجية . ومبلغ علمنا أن هذه القوانين ستظل فى عملها حتى تجمد الحياة على الأرض وتنعدم ، إلا اذا وقع قبل ذلك اصطدام سماوى ، أو وقعت واقعة أخرى هائلة ، فأودى هذا أو أودت تلك بالحياة على عجل قبل ذلك الميقات المحتوم . وهذا الخطر المنتظر لا تتعرض له أرضنا وحدها ، بل إن شموسا أخرى لابد أن تموت كما تموت شمسنا ، وكل حياة يمكن أن تكون على كواكب أخرى لابد فى النهاية أن تلقى ذلك المصير التعس .

كذلك يقص علينا علم الطبيعة القصة نفسها التى يقصها علم الفلك ؛ ذلك أننا إذا صرفنا النظر عن جميع الاعتبارات الفلكية ، نجد القانون الطبيعى العام ، الذى يعرف بالقانون الثانى لعلم الديناميكا الحرارية ، ينبئ بأن الكون لا يمكن أن يكون له سوى نهاية واحدة — هى "موت

الحرارة " حين تتوزع جملة طاقة الكون توزيعا منتظما ، فتصير أجسام الكون كلها فى درجة حرارة واحدة ، وستكون هذه الحرارة منخفضة انخفاضا يجعل الحياة مستحيلة . ولا يهم كثيرا أى طريق يصل بالكون الى هذه الحالة النهائية " فكل الطرق يوصل الى روما " ذلك أن نهاية الرحلة لن تكون سوى الفناء الشامل .

فهل هذا إذن كل ما تبلغ إليه الحياة — أن تسقط سقطة العاثر خطأ فى كون لم يهيأ للحياة ، فى كون تدل جميع مظاهره على أنه لا يكترث مطلقا بها ، أو أنه يعاديها عداء لا هوادة فيه ، وأن نبقى آوين إلى جزء من حبيبة رمل حتى تجمد فينا الحياة ، وأن نمضى وقتنا الضئيل على مسرحنا الضئيل معجبين بأنفسنا ، ونحن نعلم أن آمالنا كلها قد قدر لها آخر الأمر أن تتحطم ، وأن أعمالنا لابد أن تفنى معنا ، فنمضى تاركين الكون كأن لم يكن لنا فيه وجود ؟

هذا السؤال يعرضه علم الفلك ، لكننى أرى أن نلجأ أكثر ما نلجأ إلى علم الطبيعة لنبحث فيه عن الجواب ، لأن ما يستطيع أن يحدثنا به علم الفلك ، هو نظام الكون فى الوقت الحاضر ، واتساع الفضاء وفراغه ، وضآلة شأننا فيه ؛ بل إنه يستطيع أن يحدثنا بعض الحديث عن طبيعة التغيرات التى أحدثها مرور الزمن ؛ ولكن علينا أن نتعمق فى الفحص عن أساس طبيعة الأشياء ، قبل أن نمنى أنفسنا بالوصول الى جواب عن سؤالنا السابق ؛ وليس هذا من مباحث علم الفلك ، بل سنرى أن سؤالنا يمضى بنا إلى صميم علم الطبيعة الحديث .

# الفصل الثانى

## العالم الجديد لعلم الطبيعة الحديث

لا بد أن يكون الانسان الأوّل قد وجد الطبيعة فريدة فى ألغازها وتعقيدها . لقد كان يثق أن أبسط الظواهر تتكرر مرات لا حصر لها ، فالجسم الذى لا يستند إلى شىء يقع على الدوام ، والحجر الذى يقذف به فى الماء يغطس فيه ، بينما تطفو عليه قطعة من الخشب ، وكانت هناك ظواهر أخرى أكثر من هذه تعقيدا ، ليس لها مثل هذا الانتظام ؛ فالصاعقة كانت تصيب شجرة فى أجمة من الأشجار ولا تصيب جارتها ، وهى تماثلها فى النمو وتساويها فى الحجم ؛ وكان الهلال يطلع فى أحد الأشهر على جوّ جميل ، ويطلع فى شهر آخر على جو ردىء .

وقف الإنسان وجها لوجه أمام دنيا من الطبيعة ، تدل مظاهرها كلها على أنها مثله فى تغيرها وتقلبها ، فكان أول ما وقع له أن يخلق "طبيعة" من صورته ، فعزا ما ظنه أخطاء وما حسبه خروجا من الكون عن طريقه المرسوم إلى هواجس وأهواء صادرة عن آلهة أو عن أرواح أقل من الآلهة شأنا ، خيرة كانت أو شريرة. ولم تظهر القاعدة العظمى — قاعدة السببية — إلا بعد دراسة طويلة ، وقد تبين مع الزمن أن هذه القاعدة تسيطر على كل الطبيعة غير الحية ، فقد عرف أن السبب الذى ينفرد بإحداث أثر معين ينتج هذا الأثر على الدوام ، وأن ما يحدث فى لحظة ما غير موقوف على

رغبات مخلوقات خارجية ، بل هو نتيجة ظروف سبقته تحتمها قوانين ثابتة لا تتبدل ، وهذه الظروف قد حتمتها هى الأخرى ظروف سابقة ، وكان لا بد من حدوثها كما حدثت ، وهكذا دواليك . ومعنى هذا أن مجرى الحوادث كله تحدده الحالة التى فطر عليها العالم فى أول لحظة من تاريخه . ومنذ أن تحددت هذه الحالة الأولى لم تعد الطبيعة تستطيع أن تسلك سوى طريق واحد فقط إلى نهاية مقدرة من قبل . ومجمل القول أن عملية الخلق لم تتناول خلق الكون فحسب ، بل رسمت له أيضا كل تاريخه فى المستقبل . نعم إن الإنسان ظل يعتقد أنه هو نفسه قادر على أن يؤثر فى مجرى الحوادث بإرادته ، وإن كان الذى يدفعه إلى هذا الاعتقاد هو غريزته لا علمه أو منطقه أو تجربته ؛ ولكن قانون السببية بدأ منذ ذلك الوقت يسيطر على جميع الحوادث التى سبق أن عزاها هو إلى أفعال كائنات خارقة للطبيعة .

وقد كان إقرار هذا القانون وإثباته نهائيا واعتباره المبدأ الأساسى الذى تسير الطبيعة بمقتضاه أعظم انتصار للعلم فى القرن السابع عشر ، ذلك العصر العظيم الذى أنجب جاليليو ونيوتن[1] ، فقد تبين فى ذلك الوقت أن الظواهر الطبيعية التى تحدث فى السماء ليست سوى نتيجة لقوانين الضوء العامة ، وثبت أن المذنبات التى كانت تعدّ من قبل نذرا بسقوط الدول أو بموت الملوك قد رسم حركاتها مقدّما قانون الجذب العام ، وقد كتب نيوتن فى ذلك : " ليت ظواهر الطبيعة الباقية يمكن استنباطها بهذه الطريقة من القواعد الميكانيكية " .

(1) Sir Isaac Newton

ونشأت من هذا حركة ترمى إلى تفسير الكون المادى كله على أنه آلة ، وهى حركة أخذت تزداد قوة باستمرار حتى بلغت أوجها فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، حين جهر هلمهولتز[1] بقوله : "إن الغرض النهائى الذى ترمى إليـه كل علوم الطبيعة هو أن تحيل نفسها قواعد ميكانيكية" وصرح اللورد كالفن[2] بأنه لا يستطيع أن يفهم شيئا يعجز عن أن يصطنع له أنموذجا آليا ، وقد كان له ما كان لكثير من كبار العلماء فى القرن التاسع عشر من مكانة عاليـة فى مهنة الهندسة الآليـة . وكان فى وسع غيره من العلماء أن يكونوا كذلك لو أنهم حاولوه ، فقد كان ذلك العصر عصر العلماء المهندسين الذين كان مطمعهم الأول أن يصطنعوا نماذج آلية للطبيعة كلها ، وقد نجح وترزتون[3] ومكسويل[4] وغيرهما فى تفسير خواص الغازات على أنهـا شبيهة بخواص الآلة ، وقالوا إن هـذه الآلة تتركب من عدد كبير من كرات صغيرة مستديرة ناعمة أصلب من أشـد أنواع الفولاذ صلابة ، تطير فى كل صوب كما يطير وابل الرصاص فى ميدان القتال ، وكانوا يرون أن ضغط الغاز مثلا ناشئ عن تصادم تلك الرصاصات التى تطير بسرعة خاطفة ، مثله فى ذلك كمثل الضغط الذى تحدثه عاصفة من البَرَد على سقف خيمة ، فاذا انتقـل الصوت خلال أحد الغـازات كانت هذه الرصاصات هى التى حملته . وقد بذلت مثل هذه الجهود لتفسير خواص السوائل والجوامد على أنها شبيهة بالآلات ، وأن لهـا خواص الآلات ، ولكن نصيبها من النجاح كان قليـلا ؛ وبذلت جهود مثلها

---

(١) H. von Helmholtz

(٢) Lord Kelvin (Sir W. Thomson)

(٣) J. J. Waterston

(٤) J. Clerk Maxwell

فى الضوء والجاذبية ، ولكنها لم تلق أى نجاح . غير أن هـذا الفشل قد عجز عن أن يزعزع الاعتقاد بأن الكون فى نهاية الأمر يمكن تفسيره تفسيرا آليا محضا . وكان العلماء يشعرون بأن كل ما يحتاجون إليه هو أن يبذلوا مجهودات أعظم مما بذلوا ، وعندئذ تظهر الطبيعة غير الحية فى نهاية الأمر سافرة عن آلة كاملة دقيقة فى عملها .

وكان لكل هـذا أثر واضح فى تفسير الحياة الإنسانيـة ، ذلك أن كل توسع فى تطبيق قانون السببية ، وكل نجاح فى تفسير الطبيعة تفسيرا آليا ، قد جعلا من الصعب الاعتقاد فى مبدإ الإرادة الحرة. وكانت حجة الباحثين فى ذلك أنه إذا كانت الطبيعة كلها خاضعة لقانون السببية فلِمَ تستثنى منها الحياة؟ وقد تمخضت هذه البحوث عن الفلسفات الآلية التى ظهرت فى القرنين السابع عشر والثامن عشر ، وما تبعها من الفلسفات المثالية ، التى كانت ردّ فعل طبيعى لها ، فقد لاح أن العلم يؤثر النظرة الآلية التى تعدّ عالم المادة كله آلة عظيمة ، وعلى عكس ذلك حاولت النظرة المثالية (انظر ص ١٥٦) أن تعدّ العالم من خلْق الفكر ، وهو لذلك يتكوّن من الفكر .

وكان العلماء حتى أوائل القرن التاسع عشر لا يزالون يعدّون الحياة شيئا منفصلا كل الانفصال عن الطبيعة غير الحية ، ولا يرون فى هذه النظرة ما يناقض العلم فى شىء ؛ ثم تلا ذلك الكشف عن أن الخلايا الحية تتكوّن من نفس الذرات الكيميائية التى تتكوّن منها ذرات المادة غير الحية ، وأنها لذلك كانت خاضعة على الأرجح لنفس القوانين الطبيعية ؛ وقد دعا هذا إلى التساؤل عما يمنع خضوع الذرات الخاصة التى تتكوّن منها أجسامنا

وعقولنا لقوانين السببية أيضا . ثم بدأ العلماء يتصورون أن الحياة لا بد أن تسفر فى النهاية عن أنها فى طبيعتها آلية محضة ، ولم يكتفوا بالتخيل والظن بل تعدوهما إلى الدفاع عن آرائهم دفاع المستيقنين، وقالوا : إن عقلا مثل عقول نيوتن أو باخ[1] أو ميكل انجلو[2] لا يختلف عن مطبعة أو صفارة أو منشار بخارى إلا فى تعيقده ، و إن كل ما تعمله هذه العقول هو أن تستجيب بدقة للمؤثرات التى تستقبلها من الخارج ؛ ولما كانت هذه العقيدة لم تترك مجالا لعمل الاختيار والإرادة الحرة ، فقد قضت على جميع أسس الأخلاق ، فزيد[3] لم يرد أن يكون مختلفا عن عمرو[4] بل إنه لا يستطيع إلا أن يكون مختلفا عنه، وقد نشأ الاختلاف بينهما عن اختلاف فى المؤثرات الخارجية التى تعمل عملها فى كل منهما .

وما كاد ينقضى هذا القرن حتى شوهد انقلاب كبير فى التفكير العلمى، واتخذ هذا التفكير صورا يختلف بعضها عن بعض كل الاختلاف — ذلك أن العلماء القدامى لم يكونوا يستطيعون أن يدرسوا المادة إلا إذا كانت ذات مقادير كبيرة ، تحس بها الحواس المجردة ، فكانت أصغر قطعة من المادة أجروا عليها التجارب تحتوى على ملايين الملايين من الجزيئات ، ومن شأن القطع التى فى مثل هذا الحجم أن تسلك من غير شك مسلكا آليا ، ولكن هذا لا يعنى حتما أن الجزيئات المنفردة تسلك نفس هذا المسلك ، وليس يجهل أحد ما بين سلوك الجماعة وسلوك أفرادها من فرق شاسع .

أما فى أواخر القرن التاسع عشر فقد أصبح من الميسور لأول مرة أن يدرس سلوك جزيئات منفردة أو ذرات أو كهارب ، وقبل أن يمضى

(1) Bach (2) Michel Angelo (3و4) فى الأصل : Saul and Paul ويقصد بهما أى شخصين .

هـذا القرن كشف العلم أن ظواهر معينة كالإشعاع والجاذبية بصفة خاصة قد هزأت بكل ما بذل من محاولات لتفسيرها تفسيرا آليا محضا. وبينما كان الفلاسفة لا يزالون يجادلون فى إمكان اصطناع آلة تعيد أفكار نيوتن أو عواطف باخ أو إلهام ميكل انجلو، كان رجل العلم العادى آخذا فى الاقتناع السريع بأنه لا يمكن اصطناع آلة تعيد ضوء الشمعة أو سقوط التفاحة. ثم حدث فى الأشهر الأخيرة من القرن التاسع عشر أن وضع الأستاذ ماكس پلانك [1] من مدينة برلين شرحا مقرونا بالتجربة لبعض ظواهر الإشعاع التى كانت حتى ذلك الوقت مستعصية عن كل تفسير. ولم يكن هـذا الشرح فى طبيعته غير ميكانيكى فحسب، بل اتضح أنه من المستحيل أن يتصل بأية ناحية من نواحى التفكير الميكانيكى. ولهذا السبب بنوع خاص تعرض ذلك الشرح للنقد والهجوم بل للاستهزاء أيضا، ولكنه نجح بعد ذلك نجاحا باهرا، ونشأت منـه فى آخر الأمر "نظرية الكَمّ" الجديدة، وهى أحد القوانين الكبرى التى تسيطر على علم الطبيعة الحديث. وكان هذا إيذانا بانقضاء العصر الآلى فى العلم وبشيرا بافتتاح عصر جديد، وإن لم يتضح هذا وقتئذ.

ولا تكاد نظرية پلانك فى شكلها الأول تخرج عن مجرد افتراض أن الطبيعة تسير فى قفزات واهتزازات صغيرة كما تسير عقارب الساعة، غير أن الساعة فى طبيعتها النهائية آلية صرفة وإن كانت لا تسير سيرا مستمرا، وهى لا تحيد قط عن قانون السببية. وقد أظهر أينشتين [2] فى عام ١٩١٧ أن النظرية التى وضعها پلانك تظهر فى أول نظرة على الأقل أنها تنطوى على نتائج

---

(١) Professor Max Planck of Berlin    (٢) A. Einstein

أبعد أثرا من فكرة عدم الاتصال ، وظهر أنها ستنقص مما كان لقانون السببية من الشأن فى توجيه العالم الطبيعى فى مجراه . لقد كان العلم القديم يقرر تقرير الواثق أن الطبيعة لا تستطيع أن تسلك إلا طريقا واحدا ، وهو الطريق الذى رسم من قبل لتسير فيه من بداية الزمن إلى نهايته ، فى تسلسل مستمر بين علة ومعلول ، وألا مناص من أن الحالة (ا) تتبعها الحالة (ب) ؛ أما العلم الحديث فكل ما يستطيع أن يقوله حتى الآن هو أن الحالة (ا) يحتمل أن تتبعها الحالة (ب) أو (ج) أو (د) أو غيرها من الحالات الأخرى التى يخطؤها الحصر . نعم إن فى استطاعته أن يقول إن حدوث الحالة (ب) أكثر احتمالا من حدوث الحالة (ج) ، وإن الحالة (ج) أكثر احتمالا من الحالة (د) وهكذا ، بل إن فى مقدوره أن يحدد درجة احتمال كل حالة من الحالات (ب) و (ج) و (د) ، بعضها بالنسبة إلى بعض ، ولكنه لا يستطيع أن يتنبأ عن يقين أى الحالات تتبع الأخرى ، لأنه إنما يتحدث دائما عما يحتمل ، أما ما يجب أن يحدث فأمره موكول إلى الأقدار ، مهما تكن حقيقة هذه الأقدار .

ولنضرب لذلك مثلا ماديا يزيده وضوحا : من المعروف أن ذرات الراديوم وغيره من المواد ذات النشاط الإشعاعى تتفكك بمجرد مرور الزمن عليها ، وتخلف وراءها ذرات من الرصاص والهليوم ، ولهذا فان كتلة من الراديوم ينقص حجمها باستمرار ، ويحل مكانها رصاص وهليوم . والقانون العام الذى يتحكم فى معدل التناقص غريب غاية الغرابة ، ذلك أن كمية من الراديوم تنقص بنفس الطريقة التى ينقص بها عدد من السكان إذا لم تجد عليهم مواليد وكانت نسبة تعرض كل منهم للوفاة واحدة بغض النظر عن السن ،

أو أنها تنقص كما ينقص عدد أفراد كتيبة من الجند معرضين لنيران ترسل عليهم اعتباطا ، ومن غير أن يكون أحدهم مقصودا لذاته . ومجمل القول أنه ليس لكبر السن أثر ما فى ذرة الراديوم الواحدة ، فانها لا تموت لأنها قد استوفت حظها من الحياة ، بل لأن المنية قد أصابتها خبط عشواء .

ولنوضح هذه الحقيقة بمثل مادى فنقول : إذا فرض أن بحجرتنا ألفين من ذرات الراديوم ، فان العلم لا يستطيع أن يقول كم منها يبقى حيا بعد عام ؛ بل كل ما يستطيعه هو أن يذكر فقط الاحتمالات التى ترجح بقاء ٢٠٠٠ أو ١٩٩٩ أو ١٩٩٨ وهكذا ، وأكثر الأمور احتمالا فى الواقع هو أن يكون العدد ١٩٩٩ ، أى أن أرجح الاحتمالات هو أن ذرة واحدة لا أكثر من الألفى ذرة ، هى التى تتحلل فى العام التالى .

ولسنا ندرى بأية طريقة تُختار تلك الذرة المعينة من بين هذه الألفى ذرة ؛ وقد نشعر فى بادئ الأمر بميل إلى افتراض أن هذه الذرة ستكون هى التى تتعرض للاصطدام أكثر من غيرها ، أو التى تقع فى أشد الأمكنة حرارة ، أو التى يصادفها غير هذا أو ذاك من الأسباب فى العام التالى . ولكن هذا كله غير صحيح لأنه إذا كان فى استطاعة الصدمات أو الحرارة أن تفكك ذرة واحدة فان فى استطاعتها أيضا أن تفكك الـ ١٩٩٩ ذرة الباقية ، ويكون فى استطاعتنا أن نعجل بتفكيك الراديوم بمجرد ضغطه أو تسخينه ، ولكن كل عالم من علماء الطبيعة يقرر أن ذلك مستحيل ، بل هو يعتقد على الأرجح أن الموت يصيب فى كل عام ذرة واحدة من كل ٢٠٠٠ من ذرات

الراديوم، و يضطرها إلى أن تتفكك، وهذه هى نظرية "التفكك التلقائى" التى وضعها روذرفورد[1] وسدى[2] فى عام ١٩٠٣ .

وقد يعيد التاريخ نفسه بطبيعة الحال ، فنجد مرة أخرى بعد أن يتقدم بنا العلم أن ليس هـذا الشذوذ الظاهرى فى أمور الطبيعة إلا نتيجة لازمة لفعل قانون العلة والمعلول ، وأننا إذ نقول فى حياتنا العادية إن هذا أو ذاك محتمل لا ندل بذلك القول إلا على أن معلوماتنا ناقصة ، فقد نقول يحتمل أن تمطر السماء فى الغد ، على حين أن خبيرا فى الظواهر الجوية ، إذا عرف أن انخفاضا عميقا ينحدر نحـو الشرق آتيـا من ناحية المحيط الأطلنطى ، يستطيع أن يؤكد أن الجو سيكون رطبا[3] . وقد نتحدث عما يرجى لجواد من الكسب أو الخسارة فى سباق ، وصاحبه يعلم أن ساقه مكسورة ؛ كذلك قد يكون التجاء علم الطبيعة الحديث إلى الأخذ بالاحتمالات مجرد ستار يغطى به جهله بحقيقة النظام الذى تسير عليه الطبيعة .

ولنذكر مثلا يوضح كيف يحدث ذلك : فى أوائل القرن الحالى كشف ماك لينان[4] وروذرفورد وغيرهما فى جو الأرض نوعا جديدا من الإشعاع يمتاز بقدرته الكبيرة الفائقة على اختراق المـادة الصلبة . ذلك أن الضوء المعتاد لا يخترق من المـادة المعتمة أكثر من جزء صغير من البوصة، ولذلك نستطيع أن نحجب وجوهنا عن أشعة الشمس بقطعة من الورق أو بحاجز معـدنى أرق منها ، وللأشعة السينية قدرة أكبر على النفاذ فى الأجسام

---

(١) Lord Rutherford

(٢) F. Soddy

(٣) يقصد المؤلف هنا بطبيعة الحال الجزائر البريطانية

(٤) J. C. McLennan

المعتمة ؛ لأنها تستطيع أن تمر خلال أيدينا أو أجسامنا كلها فتمكن الجراح من أن يصور بها عظامنا ، ومع ذلك فان قطعة من المعدن فى سمك النقود تسد عليها طريقها ؛ أما الأشعة التى كشف عنها ماك لينان وروذرفورد فتستطيع أن تخترق عدة ياردات من الرصاص أو غيره من المعادن الكثيفة .

ونعلم الآن أن جزءا كبيرا من هذا الإشعاع الذى اصطلح على تسميته " الأشعة الكونية " منشؤه فى الفضاء الخارجى ، وأنه يصل إلى الأرض بمقادير كبيرة ، وأن قدرته على التحطيم هائلة ، فهو يحطم فى كل ثانية ما يقرب من عشرين ذرة فى كل بوصة مكعبة من الهواء الجوى ، ويحطم ملايين الذرات فى كل جسم من أجسامنا . ويرى بعضهم أن هذا الإشعاع ، عند ما يقع على المادة الحية الجرثومية ، قد يحدث تلك التغييرات الحيوية العنيفة التى تتطلبها نظرية التطور الحديثة ، وقد تكون هذه الأشعة الكونية إذن هى التى حولت القرد إلى إنسان ! .

وكذلك زعموا فى وقت من الأوقات أن سقوط الأشعة الكونية على الذرات ذات النشاط الإشعاعى قد يكون سبب تفككها ، وكانوا يقولون إن تلك الأشعة تقع كما يقع القدر ، تصيب آنا إحدى الذرات وآنا تصيب ذرة أخرى ، وإن الذرات تتساقط أمامها كما تتساقط الجنود أمام نيران تطلق عليهم اعتباطا . وقد شرحنا من قبل القانون الذى يتحكم فى معدل فنائها ، غير أنه قد تحقق خطأ هذا الزعم بطريقة سهلة بسيطة ؛ فقد نقلت مادة ذات نشاط إشعاعى إلى قاع منجم فحم ، فحجبت بذلك

حجبا تاما عن الأشعة الكونية ، ولكنهـا مع ذلك استمرت تتفكك بنفس المعدّل الذى كانت تتفكك به من قبل .

وقد فشلت هـذه النظرية ، ولكن لعـل كثيرين من علمـاء الطبيعة لا يزالون يتوقعون أن سيظهر عامل طبيعى آخر يعمل عمـل الأقدار فى التفكك الناتج عن النشاط الإشعاعى ، وحينئذ يتضح أن معدل فنـاء الذرات يتناسب مع قوة هذا العامل ؛ وفى الكون ظواهر أخرى مثل هذه أكثر منها تعقيدا واستعصاء على الحل .

ومن هذه الظواهر تلك الظاهرة المألوفة وهى انبعاث الضوء من المصباح الكهربائى العادى ؛ وأساسها أن سلكا رفيعا ساخنا يتسلم طاقة من مولد كهربائى ثم يخرجها شعاعا ، ففى داخل السـلك توجد كهارب ملايين الذرات ، وهى تدوّم فى مداراتها وتقفز من وقت لآخر قفزا فجائيا يكاد يكون متقطعا ، من مـدار إلى آخر ، وهى فى أثنـاء ذلك تشع تارة وتمتص الإشعاع تارة أخرى ، وقد قام اينشتين فى عام ١٩١٧ ببحث يمكن وصفه بأنه إحصاء لهذه القفزات . وبعض هـذه القفزات ناتج بالطبع عن الإشـعاع نفسه وعن حرارة السلك ، ولكن هـذا البعض لا يكفى لتعليل جميع الإشعاع الذى ينبعث من السلك ، وقـد تبين اينشتين أنه لا بد من وجود نوع آخر من القفزات ، وأن هذه القفزات لابد أن تحدث من تلقاء نفسها ، كما تتفكك من تلقاء نفسها ذرة الراديوم ، ومعنى هـذا بالاختصار أنه لا بد لنا من أن نلجأ مرة أخرى إلى فرض وجود القدر ، فإذا قام بدور القدر فى هذه الحال أحد العوامل الطبيعية المـألوفة فإن قوته يجب

أن تؤثر فى شدة انبعاث الإشعاع من السالك ، ولكن مبلغ علمنا أن شدة الإشعاع موقوفة على ثوابت معروفة فى الطبيعة ، لا تختلف فى الأرض عنها فى أبعد النجوم ، ويلوح أن هذا لا يترك مجالا لأن يتدخل فى الأمر أى عامل خارجى .

وفى استطاعتنا أن نرسم صورة ما لطبيعة هذا التفكك أو القفز التلقائيين بأن نشبه الذرة بجماعة مكونة من أربعة من لاعبى الورق اتفقوا على أن ينفضوا من فورهم إذا اجتمعت فى يد كل لاعب مجموعة[1] كاملة من الورق عند توزيعه عليهم . ويمكن أن نشبه كتلة من مادة ذات نشاط إشعاعى بحجرة تحتوى على ملايين من هذه الجماعات وإذن يكون من السهل أن نرى أن عدد الجماعات سينقص طبقا لقانون فناء النشاط الإشعاعى بشرط واحد ، وهو أن تكون أوراق اللعب قد قلِّبت بين كل دور وآخر تقليبا جيدا ؛ ذلك أنه إذا أجيد تقليب الأوراق ، فإن مرور الزمن وما مر منه لا يكون لهما أى أثر فى لاعبى الورق ، لأن الموقف يبدأ من جديد كلما قلبت الأوراق بعد كل دور من أدوار اللعب ، ولذلك يبقى معدل الفناء فى كل ألف ثابتا ، كما هى الحال فى ذرات الراديوم . وأما إذا أخذت الأوراق كما هى بعد كل دور بدون تقليب فإن كل دور بالضرورة يتأثر بالدور الذى قبله ، وهذا يمثل لنا قانون السببية القديم ، وفى هذه الحال الأخيرة يكون معدل النقص فى عدد اللاعبين مخالفا لما نشاهده فعلا فى حالة التفكك الحادث عن النشاط الإشعاعى . فإذا شئنا أن نستعيد هذا

(١) تتكون المجموعة الكاملة من ١٣ ورقة من نوع واحد .

المعدّل الحقيقى وجب أن نفترض أن الورق يقلب باستمرار ، وأن الذى يقوم بعملية التقليب هو مانسميه القدر .

ومع أننا لانزال بعيدين عن القول الفصل فى هـذا الموضوع فقد يخيل إلينا أن ثمة عاملا من العوامل لم نجد له بعـد اسما خيرا من القدر ، يعمل فى الطبيعة ليمحو أثر قانون السببية القديم الصارم ، وقد لايكون المستقبل كما تعودنا أن ننظر اليه قد حدده المـاضى تحديدا غير قابل للتغيير ، بل إنه قـد يكون إلى حد ما على الأقل متروكا لتصريف الأقدار ، مهما تكن هذه الأقدار .

وهناك اعتبارات أخرى توجه أفكارنا فى هذا الاتجاه نفسه . مثال ذلك أن الأستاذ هايزنبرج[1] أوضح أن ما تصوره نظرية الكم الجـديثة ينطوى على مايسميه هو " قاعدة عدم قابلية التحديد " ، ولقد ظللنا من قبله زمنا طويلا نعتقد أن أعمـال الطبيعة هى غاية ما يمكن الوصول إليه من الدقة والإحكام ؛ ومع أننا نعلم أن الآلات التى يصطنعها الإنسان بعيـدة عن الدقة والكمال ، فقد كنا نصر على الاعتقاد بأن أعمال الذرة الداخلية هى المثل الأعلى للدقة والإحكام ، ثم جاء هايزنبرج فأوضح الآن أن أكثر ما تمقته الطبيعة هو الدقة والإحكام .

لقد كان من نظريات العلم القديم أن فى الإمكان تعيين حالة أى جسيم ، كأحد الكهارب مثلا ، تعيينا دقيقا إذا عرفنا موضعه وسرعة حركته فى الفضاء

(١) Professor W. Heisenberg

فى لحظة معينة . وهذه المعلومات ، مضافة إلى ما عسى أن يكون هناك من قوى خارجية ، تؤثر فى تعيين مستقبله كله ، فاذا عرفت هذه المعلومات عن كل جسيمات الكون أمكن التنبؤ بمستقبله كاملا .

أما العلم الحديث ، كما يفسره هايزنبرج ، فانه يؤكد أن طبيعة الأشياء لا تمكننا من الحصول على معلومات عنها ، فاذا عرفنا أن كهربا فى موضع معين من الفضاء لم نستطع مع ذلك أن نحدد بالضبط السرعة التى يتحرك بها ؛ ذلك أن الطبيعة تبيح وجود "حد للخطأ" معين ، فإذا حاولنا أن نتجاوز هذا الحد لم تساعدنا الطبيعة على ذلك أقل مساعدة لأنها فى الظاهر لاتعرف شيئا من القياسات المضبوطة المحكمة . وكذلك إذا عرفنا سرعة حركة الكهرب الحقيقية فان الطبيعة لا تسمح لنا بأن نتعرف موضعه فى الفضاء بالضبط . فكأن موضع الكهرب وحركته قد رسما على وجهى إحدى رقائق الفانوس السحرى ، فاذا وضعنا الرقيقة فى فانوس غير محكم أمكننا أن نركز الضوء فى منتصف المسافة بين الوجهين ، وأن نرى كلا من موضع الكهرب وحركته واضحا إلى حد ما ، ولا نستطيع أن نفعل ذلك إذا استخدمنا فانوسا دقيقا ، ذلك بأننا كلما زدنا فى تركيز الضوء على إحدى الصورتين ، ازدادت الأخرى اضطرابا والتباسا .

فالفانوس غير الدقيق هو العلم القديم الذى أوهمنا أن مجرد حصولنا على فانوس دقيق يكفى لأن نحدد موضع جسيم وحركته فى لحظة معينة تحديدا دقيقا غاية الدقة ، ولقد كان هذا الوهم هو الذى أدخل الجبرية فى العلم ؛ والآن وقد صار لدينا الفانوس الدقيق المضبوط ، وهو العلم

الجديد ، ظهر لنا أن الموضع والحركة يقع كل منهما فى مستوى للحقيقة مختلف عن مستوى الآخر ، وأنهما لا يمكن أن يظهرا واضحين معا فى وقت واحد ، وبهذا ينهار الأساس الذى ارتكزت عليه قاعدة الجبرية القديمة .

أو كأن الكون قد تراخت أوصاله ، وأصاب تركيبه الآلى شىء من "التخلخل" الذى نراه فى آلة بالية. غير أن هذا التشبيه مضلل إذا فهم منه أن الكون قد أصبح بطريقة ما باليا أو ناقصا ، ذلك أن "التخلخل" أو "تراخى الأوصال" فى الآلة القديمة أو البالية يختلف مقداره باختلاف مواضعه ، أما فى العالم الطبيعى فإن هذا المقدار يقاس بذلك الكم الغامض الذى يطلق عليه " ثابت پلانك" [1] ، والذى لا يتغير مطلقا فى الكون كله ، ويمكن قياس مقداره فى المعمل وفى النجوم بطرق لا تحصى ، وهو فى جميع الأحوال واحد بالضبط . ومهما يكن شكل "تراخى الأوصال" المذكور فإن فى وجوده منتشرا فى جميع أنحاء الكون ما يقضى على مذهب السببية الدقيق الصارم الذى ينطبق على الآلات كل الانطباق .

وهذا اللبس الذى لفت النظر اليه هايزنبرج شخصى فى طبيعته من بعض الوجوه دون بعضها ، فاذا كنا لا نستطيع أن نحدد مكان الكهرب أو سرعته بدقة تامة فان هذا العجز يرجع بعضه إلى عدم الدقة فى الأجهزة التى نستخدمها ، كما لا يستطيع إنسان أن يزن نفسه بدقة تامة إذا لم يكن لديه أوزان أقل من الرطل . ولما كانت أصغر وحدة يعرفها العلم هى الكهرب لم يكن فى متناول يد العالم الطبيعى وحدات أصغر منه . على أن السبب المباشر للمشكلة

---

(١) Planck's constant

لا يرجع فى الحقيقة إلى مقدار هذه الوحدة المعين ، بقدر ما يرجع إلى تلك الوحدة الغريبة التى أدخلتها " نظرية الكم " لبلانك — ذلك بأن هذه الوحدة تقيس سعة "القفزات" التى تتحرك بها الطبيعة ، وما دامت هذه القفزات ذات سعة معينة محدودة فإن من الصعب الحصول على قياسات دقيقة ، كما أن من الصعب على إنسان أن يزن نفسه وزنا دقيقا بميزان لا يتحرك دليله إلا بقفزات .

على أن هذا اللبس الشخصى لا علاقة له بمسألتى النشاط الإشعاعى والإشعاع اللتين سبق بحثهما فى صفحتى ٢١ و ٢٥ ، كما أنه توجد فى الطبيعة مظاهر أخرى كثيرة يخطؤها الحصر ، لا يمكن أن تسلك فى نظام منسجم إلا إذا أدخلت فيها فكرة عدم قابلية التحديد ، فى بعض المواضع وبطريقة ما .

وهذه الاعتبارات وأخرى غيرها سنعود اليها فيما بعد ( أنظر صفحتى ٤١ و ١٣٥ ) قد حملت كثيرين من علماء الطبيعة على أن يفرضوا عدم وجود الجبرية فى الحوادث التى يكون للذرات والكهارب منفردة دخل فيها ، وأن الجبرية الظاهرية فى الحوادث الكبيرة المقياس ليست فى طبيعتها إلا عملا إحصائيا محضا ، ويصف ديراك [1] الموقف فيما يأتى :

"اذا رصدت مجموعة من الذرات ... فى حالة معينة ، فالنتيجة لا تكون بوجه عام محددة ، أى أنه إذا أعيدت التجربة عدة مرات فى أحوال

---

(1) P. A. M. Dirac

متشابهة ، فقد تؤدى إلى نتائج متعددة مختلفة؛ فاذا أعيدت هذه التجربة مرات كثيرة فإن كل نتيجة معينة تتكرر عددا من المرات يظل محتفظا بنسبة ثابتة إلى عدد مرات التجربة ، و إذن ففى وسع الإنسان أن يقول باحتمال الحصول على هـذه النتيجة كلما أجريت التجربة . والنظرية تمكن الإنسان من أن يحسب مقدار هـذا الاحتمال ، وقد تكون نسبة الاحتمال فى أحوال خاصة واحدا صحيحا ، وعندئذ تكون نتيجة التجربة مقطوعا بها".

ونستطيع أن نصوغ هذه النتيجة فى عبارة أخرى فنقول : إننا عند ما نعرض للذرات والكهارب وهى فى مجموعات ، فان قانون المتوسطات الرياضى يحتم الجبرية التى عجزت عن إدراكها القوانين الطبيعية .

ونستطيع أن نوضح الفكرة بذكر حالة مماثلة للحالة السابقة فى حياتنا العادية . إننا إذا قذفنا بقطعة من النقود إلى أعلى ، فليس لدينا من العلم ما نستطيع أن نقرر به هل تقع هذه القطعة على وجهها أو على ظهرها ، ولكنا إذا قذفنا بمليون طن من قطع النقود هذه فى الهواء ، فاننا نعلم أن ٥٠٠,٠٠٠ طن منها ستقع على وجهها ، وأن الـ ٥٠٠,٠٠٠ طن الأخرى ستقع على ظهرها . وقد تعاد التجربة مرة بعـد أخرى ، ولكن النتيجة ستكون واحدة فيها جميعا ، وقد يغرينا هذا بأن نعدّه دليلا على انتظام الطبيعة ، وأن نستنبط أنه أثر لفعل قانون السببية ، مع أنه فى حقيقته ليس إلا أثرا لفعل قوانين المصادفة الرياضية البحتة .

على أن عدد قطع النقود فى مليون طن منها لايعدّ شيئا إذا قيس بعدد الذرات ، حتى فى أصغر قطعة من أية مادة أجرى عليها علماء الطبيعة الأولون تجاربهم ، ومن هذا يرى كيف كان من السهل أن يتسلل وهم الجبرية إلى العلم ، إن كانت الجبرية وهما .

وليس لدينا حتى الآن معلومات موثوق بها عن أية مسألة من هذه المسائل . على أن هناك عددا من علماء الطبيعة ، وإن كنت أظن أن هذا العدد آخذ فى التناقص بسرعة كبيرة ، يتوقع أن قانون السببية الصارم سيستعيد فى نهاية الأمر مكانته القديمة فى العالم الطبيعى بطريقة مّا ، ولكن الاتجاه الحديث فى تقدّم العلم لا يقوّى مركزهم فى ذلك . ومهما يكن من شىء فإن السببية الصارمة ليس لها الآن مكان فى صورة الكون التى يعرضها علينا علم الطبيعة الحديث ، وقد نتج من ذلك أن صار فى هذه الصورة أكثر مما كان فى صورة الكون الآلية القديمة ، متسع للحياة والشعور يقومان فيه مع الصفات الأخرى التى نقرنها عادة بهما مثل الإرادة الحرة والمقدرة على تغيير الكون إلى حدّ ما بوجودنا فيه ، وذلك فى حدود الصورة نفسها . ومبلغ علمنا ، أومبلغ ما يستطيع العلم الحديث أن يناقض به علمنا ، أن الأقدار المسيطرة على ذرات مخنا قد تكون هى عقولنا نحن ، وقد تكون هذه العقول هى التى تؤثر بوساطة هذه الذرات فى حركة أجسامنا ، فتؤثر بذلك فى أحوال العالم الذى يحيط بنا . ولم يعد العلم اليوم قادرا على ألا يجيز هذا الاحتمال ؛ فليس لديه حجج دامغة يردّ بها على ما هو متأصل فينا من الاعتقاد بأن لنا إرادة حرة . على أن هذا العلم مع ذلك لا يشير أية إشارة إلى ما قد يكون لعدم وجود السببية أو الجبرية من

معنى ؛ فاذا كنا نحن والطبيعة بوجه عام لا نستجيب بطريقة فذة للمؤثرات الخارجية ، فما الذى يحدد مجرى الحوادث ؟ فاذا كان ثمة مؤثر أيا كان نوعه ، فان هذا يلقى بنا فى أحضان الجبرية والعلّيّة ، وإذا لم يكن ثمة شىء من ذلك ، فكيف يستطيع حادث أن يحدث ؟

وفى رأيى أنه ليس من المحتمل أن نصل الى نتائج قاطعة فى هذه المسائل ، إلا إذا فهمنا فهما جيدا طبيعة الزمن الحقيقية خيرا مما نفهمها الآن ، وإن قوانين الطبيعة الأساسية ، بقدر ما نعرفها فى الوقت الحاضر ، لا تقول لنا لم يمر الزمن بلا انقطاع ؟ بل هى مستعدة لأن تجيز احتمال بقائه ثابتا لا يتحرك بقدر ما تجيز احتمال رجوعه القهقرى ، ذلك أن تقدم الزمن إلى الأمام بلا انقطاع ، وهو جوهر الصلة بين العلة والمعلول ، إنما هو شىء أضفناه من تجاربنا الخاصة إلى قوانين الطبيعة المحققة ، ولسنا ندرى هل هو متأصل فى طبيعة الزمن وإن كانت نظرية النسبية تهم أن تسم الرأى القائل بتقدم الزمن تقدما مستمرا ، وبوجود الصلة بين العلة والمعلول ، — تهم أن تسم هذا الرأى بميسم الوهم والخداع ، كما سيتضح لنا بعد قليل . وهى تعد الزمن مجرد بعد رابع يضاف إلى أبعاد الفضاء الثلاثة . وإن القول بأن "ما يحدث نتيجة لما سبق أن حدث" قد لا يكون أكثر انطباقا على تتابع أحداث الزمن منه على تتابع أعمدة البرق[1] .

إن ماهية الزمن وما يكتنفها من غموض هى التى تمنع أفكارنا من التقدم وتقف بها عند حد محدود . وإذ كان الزمن من المسائل الأساسية ،

---

[1] يشير المؤلف هنا إلى أعمدة البرق على طول الطريق الشمالى الكبير (Great North Road) فى انجلترا وهو معروف للقارئ الانجليزى .

و إذ كان فهمه على حقيقته سيظل أبدا فوق مستوى مداركنا ، فأكبر ظننا أننا سنظل أعجز من أن نقضى برأى حاسم فى النزاع الطويل الأمد بين الجبرية والقدرية .

على أن احتمال إلغاء مبدأ الجبرية وقانون السببية من علم الطبيعة يعدّ إلى حدّ ما من التطورات الحديثة فى تاريخ "نظرية الكم"، فقد كان الغرض الأول من هذه النظرية توضيح ظواهر معينة فى الإشعاع ؛ واذا أردنا أن نفهم هذه المسألة كان علينا أن نرجع بخطواتنا إلى الوراء إلى عهد نيوتن والقرن السابع عشر .

إن أوضح الحقائق المعروفة عن شعاع من الضوء ، أو أوضحها على الأقل لمن ينظر اليها نظرة سطحية ، هى ميله إلى السير فى خط مستقيم . فمن الأشياء المعروفة لكل إنسان استقامة حواف حزمة من ضوء الشمس فى حجرة مغبرة . ولما كان من طبيعة الجسيم من المادة ، وهو يتحرك بسرعة، أن يسير أيضا فى خط مستقيم فقد كان من الطبيعى أن ينظر العلماء الأولون إلى الضوء نظرتهم إلى سيل من الجسيمات يقذف من منبع ضوئى ، كما يخرج الخردق من البندقية، وقد اعتنق نيوتن هذا الرأى وزاده دقة و إيضاحا فى نظريته المعروفة فى الضوء "بنظرية الدقائق" .

غير أن من الأمور المشاهدة المألوفة أن شعاع الضوء لا يسير دائما فى خط مستقيم ، فالانعكاس يحوّله بغتة ، وهذا ما يحدث له عند ما يسقط على سطح مرآة ، وكذلك يمكن أن يغير طريقه بالانكسار ، كما يحدث عند ما يدخل فى ماء ، أو فى أى وسط سائل . وهذا الانكسار هو الذى

يجعل مجدافنا يظهر منكسرا عند مدخله فى المـاء، وهو الذى يجعل النهر يظهر أقل عمقا مما نجده عند ما نخوض فيه . ولقد كانت القوانين التى تنقاد لها هـذه الظواهر معروفة جيدا حتى فى عصر نيوتن ، فقد كانوا يعرفون فى حالة الانعكاس أن زاوية سقوط شـعاع الضوء على المرآة هى نفس الزاوية التى يرجع بها الشعاع بعد انعكاسه عنها ، أى أن الضوء يرتد عن المرآة كما ترتد كرة التنس عن أرض ملعب تام الصلابة . كذلك كان معروفا فى حالة الانكسار أن جيب زاوية السقوط ذو نسبة ثابتة إلى جيب زاوية الانكسار ، ولذلك نرى نيوتن يجهد نفسه فى البرهنة على أن دقائقه الضوئية تحرك طبقا لهذه القوانين اذا وقعت تحت تأثير بعض قوى معينة على سطحى مرآة أو سائل كاسر للضوء ، وإليك نظريتى ٩٤ و ٩٦ من كتاب "البرنكيبيا[١]" .

## نظرية ٩٤

"إذا فصل وسطان كل منهما عن الآخر بفراغ ينتهى من الجانبين بمستويين متوازيين ، وكان جسم فى أثناء تحركه فى هذا الفراغ يجذب أو يدفع عموديا نحو أحد هذين الوسطين ، ولم تكن تحركه أو تعوقه أية قوة أخرى ، وكان الجذب واحدا فى كل نقطة على مسافات متساوية من كل من المستويين فى اتجاه واحد نحو المستوى — أقول إن هناك نسبة معينة بين جيب زاوية السقوط على أحد المستويين وجيب زاوية الخروج من المستوى الآخر" .

---

(١) ألف نيوتن كتابه المسمى (Principia) باللغة اللاتينية وقـد ضمنه لأول مرة قوانين الحركة كما هى فى شكلها الحاضر ، ومباحث طبيعية أخرى .

## نظرية ٩٦

"إذا فرضت هذه الأشياء نفسها، وكانت السرعة قبل السقوط أكبر منها بعده — أقول إذا أميل خط السقوط باستمرار ، فان الجسم ينعكس آخر الأمر ، وتكون زاوية الانعكاس مساوية لزاوية السقوط".

وقد لاقت نظرية الدقائق لنيوتن حتفها حين تحقق أنه إذا سقط شعاع ضوئى على سطح الماء لا ينكسر منه إلا بعضه ثم ينعكس ما بقى منه ، وهذا الجزء الأخير هو الذى يحدث ما نشاهده من انعكاس الأجسام فى البحيرة ، أو انعكاس مويجات ضوء القمر على سطح ماء البحر . وقد اعترض على نظرية نيوتن بأنها لا تستطيع أن تعلل هذا الانعكاس ، لأنه لو كان الضوء يتكون من دقائق لوجب أن يكون عمل القوى التى على سطح الماء فى هذه الدقائق كلها واحدا ، فاذا انكسرت دقيقة واحدة وجب أن تنكسر الدقائق كلها ، ومعنى هذا ألا تكون للماء أية مقدرة على أن يعكس صورة الشمس أو القمر أو النجوم . وقد حاول نيوتن أن يواجه هذا الاعتراض ، فعزا إلى سطح الماء " أطوار نفاذ وانعكاس متعاقبة " ، فالدقيقة التى تقع على السطح فى لحظة معينة يسمح لها بالنفاذ فيه ، لكن الباب يغلق وراءها فى اللحظة التالية ، ويمنع رفيقتها من الدخول فيحدث الضوء المنعكس . وقد كانت هذه الفكرة سابقة " لنظرية الكم " الحديثة ومشابهة لها بشكل يدعو إلى الدهشة والاستغراب ، لأنها ألغت فكرة انتظام الطبيعة وأحلت نظرية الاحتمالات محل نظرية الجبرية ، غير أنها عجزت عن أن تقيم الدليل المقنع فى ذلك الوقت .

ومهما يكن من أمر هذا الاعتراض فقد واجهت نظرية الدقائق صعوبات أخرى أشد خطرا من هذه الصعوبة الأولى. ذلك أن الضوء إذا درس دراسة مفصلة دقيقة، تبين أنه لا يسير فى خطوط مستقيمة كل الاستقامة تشعرنا بأن الجسيمات تتحرك ، فكل جسم كبير كالمنزل أو الجبل يلقى ظلا محدودا يتقى به وهج الشمس كما يتقى به وابل الرصاص . ولكن الجسم الصغير ، كالسلك الرفيع جدا أو الشعرة أو الخيط ، لا يلقى مثل هذا الظل ، فاذا وضعناه أمام حاجز لم يحجب الضوء عن أى جزء منه بل إن الضوء يحاول بطريقة مّا أن ينحنى حوله ، فلا نرى له ظلا محدودا ، بل نرى مناطق متعاقبة ومتوازية ، مضيئة ومظلمة نسبيا تعرف "بمناطق التداخل".
وإلى القارئ مثالا آخر : إن ثقبا كبيرا مستديرا فى حاجز يسمح للضوء أن ينفذ منه على شكل بقعة ضوئية مستديرة ، ولكنك إذا ضيقت الثقب ، حتى صار مثل ثقب أصغر دبوس ، ثم استقبل الشكل المتكون على حاجز آخر يقع وراء الأول ، فانك لا تراه بقعة ضئيلة مستديرة من الضوء ، بل تراه يتكون من حلقات كبيرة متحدة المركز ، تتعاقب فيها حلقات مضيئة ومظلمة هى "حلقات الحيود". ويوضح شكل ١ بلوحة ٢ (انظر ص ٤٧) صورة أمكن الحصول عليها ، بإمرار حزمة ضوئية خلال ثقب دبوس ، واستقبالها على لوح فوتوغرافى ، ونرى فى هذه الصورة أن جميع الضوء الذى يقع خارج دائرة الثقب قد انحنى بطريقة ما حول حافة الثقب نفسه .

وقد رأى نيوتن فى هذه الظواهر دليلا على أن "دقائقه الضوئية" قد سيجذبها مادة صلبة فقد كتب فى ذلك يقول :

” إن أشعة الضوء التى فى هوائنا عند مرورها بقرب زوايا الأجسام ، الشاف منها والمعتم ، (كالحواف المستديرة أوالمستطيلة للنقود أوالسكاكين أو القطع المتكسرة من الحجر أو الزجاج) تنحنى حول هذه الأجسام، كأنما هى منجذبة إليها . وأشد الأشعة انحناء أقربها فى أثناء سيرها إلى هذه الأجسام ، كأنما هى أكثر انجذابا إليها . “

وفى هذا أيضا استعجل نيوتن علم هذا العصر الحاضر قبل مجيئه استعجالا يدعو الى الدهشة ـ ذلك أن هذه القوى التى افترضها تشابه كل الشبه ”القوى الكمية“ فى نظرية الميكانيكا الموجية . غير أن هـذه القوى قد عجزت عن أن توضح ظاهرة ”الحيود“ توضيحا مفصلا ، ولذلك لم تلق قبولا .

وقد فسرت هذه الظواهر وغيرها على مر الزمن تفسيرا مرضيا ، فقد فرض أن الضوء يتكون من موجات ، تكاد تشبه الموجات التى تثيرها الريح فى البحر، مع فارق واحد وهو أنه عوضا عن أن يكون طول كل موجة عدة ياردات ، فان آلافا كثيرة من هذه الموجات مجتمعة لا تزيد طولها على بوصة واحدة . وموجات الضوء تنحنى حول الحاجز الصغير ، كما تنحنى موجات البحر حول صخر صغير سواء بسواء، والحاجز الصخرى الذى يبلغ طوله عدة أميال يكاد يقى من أمواج البحر كل الوقاية ، على حين أن الصخر الصغير لا يفيد فى هذه الوقاية ، لأن الأمواج تمر حوله من كلا جانبيــه ثم تلتقى خلفه كما تلتقى موجات الضوء خلف الشعرة أو الخيط الضئيلين ؛ وكذلك لا تسير أمواج البحر التى تصطدم بمدخل الميناء فى خط مستقيم الى داخله ، ولكنها تنحنى حول حافات حاجز الأمواج و يضطرب لهـا سطح المـاء كله فى الميناء .

و يبين شكل ١ بلوحة ٢ ( انظر ص ٤٧ ) " التجعد " الحادث وراء ثقب دبوس ، والذى أحدثته موجات ضوئية انحنت حول حافات الثقب كما تنحنى أمواج البحر حول حاجز الأمواج . والخلاصة أن القرن السابع عشر كان يعدّ الضوء وابلا من الجسيمات ، فلما عرف فى القرن الثامن عشر أن هذا الرأى لم يعلل تعليلا مقبولا بعض الظواهر الصغيرة المقياس كالتى وصفناها الآن ، استبدلت بفكرة وابل الجسيمات فكرة قُطُر الموجات .

غير أن هذا الاستبدال قد جاءت معه صعابه الخاصة به ؛ ذلك أنه إذا أمرّ ضوء الشمس فى منشور ، تحلل إلى "طيف" من الألوان ، كألوان قوس قزح ، هى : الأحمر — البرتقالى — الأصفر — الأخضر — الأزرق — النيلى — البنفسجى . فاذا كان الضوء يتكوّن من أمواج كأمواج البحر ، كان لا بد أن توجد كل الأضواء الناتجة من تحليل ضوء الشمس فى الطرف الأقصى من اللون البنفسجى فى الطيف . يضاف إلى هذا أن لموجات اللون البنفسجى القصوى قدرة غير محدودة على امتصاص الطاقة ، واذ كانت هذه الأمواج على الدوام ظمأى لابتلاعها ، فقد كان لا بد أن تتحوّل كل طاقة الكون بسرعة إلى إشعاعات بنفسجية أو ما بعد البنفسجية ، ثم تنبعث فى الفضاء .

وقد ظهرت " نظرية الكم " فى الوجود لتحاول إصلاح ما فى النظرية الموجية للضوء من عيوب ، فنجحت فى ذلك كل النجاح ، وأثبتت أن نيوتن لم يكن مخطئا كل الخطأ عند ما قال بأن الضوء دقائق ، لأنها برهنت على أن حزمة الضوء يمكن أن تعدّ وحدات منفصلة قائمة بذاتها

تسمى "كام الضوء"[1] أو "فوتونات" شأنها فى ذلك الانفصال شأن رذاذ مطرة ، أو قطع فى وابل من الرصاص، أو جزيئات الغاز .

على أن الضوء مع ذلك لا يفقد طبيعته الموجية ، فلكل حزمة صغيرة منه مقدار معين من الطول يرتبط بها ، ونحن نسمى هذا المقدار المعين "الطول الموجى" . فاذا أمرّ هذا الضوء الذى نتحدث عنه فى منشور فانه يسلك كما تسلك بالضبط أمواج لها هذا الطول المعين . ويتكوّن الضوء ذو الأمواج الكبيرة الطول من حزم صغيرة والعكس صحيح . ويتناسب مقدار الطاقة فى كل حزمة من الضوء تناسبا عكسيا مع الطول الموجى ، ولذلك نستطيع دائما أن نحسب طاقة الفوتون من طول موجته، والعكس صحيح كذلك .

وليس فى استطاعتنا أن نسرد الحقائق الكثيرة التى تقوم عليها هذه الآراء حتى لو اقتصرنا على مجرد التلخيص ، وحسبنا أن نقول إنها كلها تشير إلى أن الضوء يسير داخل أجهزة المعمل على شكل ضوءات غير منقسمة ، ولم تكشف بعد تجربة من التجارب عن وجود كسر من "كم الضوء" أو "الضوءة" ولا هى تشير إلى أى سبب يدعو حتى إلى الظن بوجوده ، ولنضرب لذلك مثلين يعدّان نموذجا لما يمكن إيراده من الأمثلة .

إن الإشعاع إذا حاطته ظروف مناسبة ، يستطيع أن يمزق الذرات التى يقع عليها ، ويمكن الاستعانة بدراسة الذرات الممزقة على معرفة مقدار

---

(١) اخترنا كلمة "كام" جمعا لكلمة "كم" بمعنى مقدار لأننا لم نعثر على جمع لها .

الطاقة التى أطلقت على كل منها فمزقتها . وقد ظهر على الدوام أن هـذه الطاقة تساوى بالضبط طاقة كَمٍّ كامل من الضوء ، كما تبين ذلك من احتساب طول موجته المعروف ، فكأن جيشا من الضوء قد اصطدم بجيش من المـادة . ولقد كان معروفا منذ زمن طويل أن الجيش الثانى يتكوّن من جنود منفردين ، هم الذرات ، ويظهر الآن أن الجيش الأول يتكوّن أيضا من جنود منفردين ، هم الضوءات ، وقد ثبت من دراسة ميـدان القتال أن الحرب كانت معارك ينازل فيها القرن قرنه على انفراد

وهاك مثلا آخر: لقد قام حديثا الأستاذ كومبتون[1] من مدينة شيكاجو بدراسة ما يحدث عندما تقع أشعة سينية على الكهارب ، فوجد أن الأشعة تتفرق كأنها تتكوّن من جسيمات مادية من الضوء ، أى ضوءات ، تتحرك على هيئة وحدات منفصلة ، مستقلة بعضها عن بعض ، وهى تشبه فى هذه الحالة الرصاصات المتساقطة فى ميدان القتال ، فتصيب كل الكهارب التى تعترض طريقها . ويمكن احتساب مقدار طاقة الضوءات من مدى انحرافها عن طريقها على أثر هذه المصادمات ، وقد وجد مرة أخرى أن مقدار هذه الطاقة يتفق تماما مع المقدار المحسوب من طول موجتها .

وهذه الفكرة — فكرة الكم أو الجزء الذى لا يتجزأ من الضوء — ترجع بنا الى فكرة عدم قابلية التحديد . ذلك أنه توجد طرق مختلفة لتجزىء حزمة ضوئية إلى جزءين يسيران فى طريقين مختلفين ، فاذا أنقصت حزمة الضوء حتى صارت كما واحدا ، وجب أن تتبع أحد الطريقين ، إذ أنها لاتستطيع أن تتوزع

---

(1) Professor A. H. Compton of Chicago

بينهما ؛ لأن الضوءة لا تتجزأ ، واختيارها لأحد الطريقين مسألة احتمالية وليست حتمية .

ولذلك يلوح أن ما كان يقال فى القرن السابع عشر من أن الضوء مجرد جسيمات ، وما كان يقال فى القرن الثامن عشر من أن الضوء مجرد موجات — يلوح أن كليهما كان خطأ ، أو إن شئت فقل إن كليهما كان صوابا ؛ ذلك أن الضوء وجميع أنواع الإشعاع هو من غير شك عبارة عن جسيمات وأمواج فى وقت واحد . ففى تجارب الأستاذ كومبتون أسقط الإشعاع السينى على كهارب منفردة ، فسلك كما يسلك وابل من الجسيمات المنفردة ، وفى تجارب لاو[1] وبراج وغيرهما[2] أسقط مثل هذا الإشعاع بالضبط على بلورة جامدة ؛ فسلك فى جميع الحالات مسلك الموجات المتعاقبة ؛ وهذا ما يقع بالضبط فى الطبيعة كلها ، فان الإشعاع الواحد قد يتخذ لنفسه شكل جسيم وموجة فى وقت واحد ، فهو تارة يسلك مسلك الجسيمات ، وتارة يسلك مسلك الموجات ، ولم تعرف بعد قاعدة عامة يستدل منها مقدما أى المسلكين سوف يختاره الإشعاع فى أية حالة خاصة .

وواضح أننا لا نستطيع أن نستبقى اعتقادنا فى انتظام الطبيعة إلا إذا افترضنا أن الجسيمات والأمواج فى جوهرها شىء واحد . وهذا ينتقل بنا إلى النصف الثانى من قصتنا ، وهو أكثر النصفين إثارة للنفس . فالنصف الأول الذى انتهينا من سرده الآن هو أن الإشعاع يظهر تارة على هيئة موجات وتارة أخرى على هيئة جسيمات ، أما النصف الآخر من القصة فهو أن

---

(1) M. Laue

(2) Sir W. Bragg

الكهارب والبروتونات، وهى الوحدات الأساسية التى تتكون منها المادة، (انظر ص ٦٠) تظهر كذلك فى شكل جسيمات حينا، وعلى هيئة موجات حينا آخر، فقد كشفت الطبيعة الثنائية للكهارب والبروتونات حديثا، وهى تشبه تلك التى سبق أن عرف وجودها فى طبيعة الإشعاع، أى أنها تبدو فى شكل جسيمات وموجات معا .

ولما تنحت نظرية الدقائق التى وضعها نيوتن فى طبيعة الضوء عن مكانها للنظرية الموجية، صار من الضرورى أن يفسر كيف تستطيع موجات متعاقبة أن تسلك مسلك وابل من الجسيمات، فتسير فى خط مستقيم، إلا إذا انحرفت عن مجراها بسبب انعكاس أو انكسار؛ ذلك أنه اذا كانت أشعة الشمس التى تمر خلال ثلمة فى مصراع نافذة تتكون من موجات، فطبيعى أن نتوقع انتشارها فى جميع أنحاء الغرفة، كما ينتشر التموج فوق سطح بركة بأكمله، أو كما تنتشر حزمة رفيعة جدا من الضوء، بعد أن تنفذ خلال ثقب دبوس، كما فى شكل ١ بلوحة ٢ (انظر ص ٤٧) غير أن ينج[1] وفرزنل[2] أثبتا أن الموجات المتعاقبة غير المضطربة ذات العرض الكافى يمكن أن تتحرك على هيئة حزمة، بدون أن يحدث انتشار جانبى محسوس، فكأنها فى حركتها هذه وابل من الجسيمات تتحرك من غير عائق يعوقها، وأنها تنعكس عن مرآة بنفس الطريقة التى ترتد بها قذيفة عن سطح تام الصلابة . كذلك ثبت أن مثل هذه المجموعات من الموجات تنكسر طبقا لقوانين انكسار الضوء المعروفة، وتبين أخيرا أنه

(١) Thomas Young (٢) A. Fresnel

إذا تحركت مجموعة من مثل هذه المجموعات فى وسط تتغير قوة كسره للضوء باستمرار ، فإن مسارها يكون مشابها لمسار جسيم اضطر إلى أن ينحرف عن طريق مستقيم بسبب قوى تؤثر فيه باستمرار . وفى الحقيقة أن هذين المسارين يمكن أن يصبحا مسارا واحدا ، بجعل القوة فى كل نقطة متناسبة مع تغير مربع معامل الانكسار ، وهذا يعلل نجاح نظريتى نيوتن المرقومتين ٩٤ و ٩٦ واللتين أثبتناهما فى صفحتى ٣٥و٣٦

ومن هذا يرى أن كل ما تستطيع أن تقوم به جسيمات نظرية الدقائق التى وضعها نيوتن لشرح طبيعة الضوء، تستطيع أن تقوم به موجات متعاقبة، بل إن هـذه تستطيع أن تقوم بأكثر من هذا بسبب تعقدها الشديد . وفى كل حالة يتضح فيها فشل الجسيمات فى أن تظهر بمظهر الضوء وجد أن اعتبارها مجموعة من الموجات يمكن أن يؤدى هـذه المهمة على الوجه الأكمل . وهكذا استحالت جسيمات نيوتن المفروضة الى مجموعات من الموجات .

ولقـد شهدت السنون القلائل المـاضية الجسيمات التى تتكون منها المـادة العادية ، أى البروتونات والالكترونات ، تتحول إلى مجموعات من الموجات بمثل هذه الطريقة السابقة ؛ ووجد فى كثير من الأحوال أن سلوك الإلكترون أو البروتون معقد تعقيدا لا يسمح بتفسيره على أنه حركة جسيم لا أكثر ؛ ولهذا حاول لويس دى برولى(١) وشرودنجر(٢) وغيرهما أن يفسروا سلوكه بسلوك مجموعة من الأمواج ، وبهذه

---

(١) Louis de Broglie

(٢) E. Schrödinger

الطريقة أوجدوا فرعا جديدا من فروع الطبيعيات الرياضية ، صار يعرف الآن باسم " الميكانيكا الموجية " .

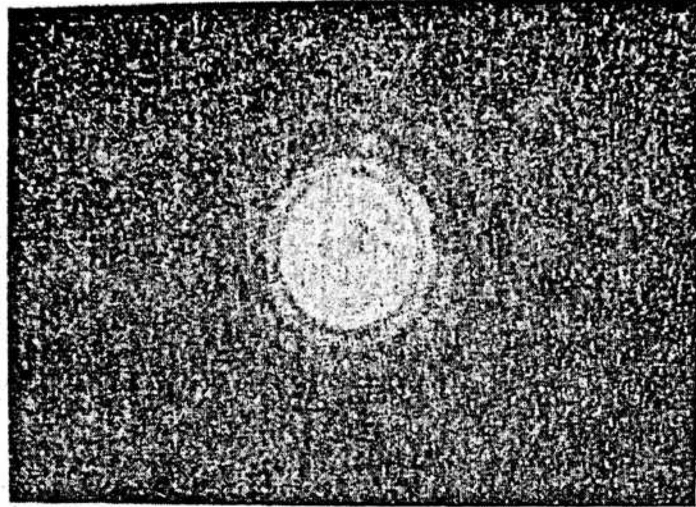
وإذا راقبنا كرة تنس عادية وهى ترتد عن سطح ملعب تام الصلابة ، فإننا نجد أن حركتها هى نفس حركة شعاع من الضوء انعكس عن سطح مرآة ، ولذلك نستطيع أن نقول بحق إن الكرة قد " انعكست " عن سطح الملعب ، غير أننا لم نكسب شيئا كثيرا من هذا الكشف . نعم إن ذلك قد يمكننا من أن نفهم كرة التنس على أنها مجموعة من الموجات إذا أردنا ذلك ، لكن من الأسباب التى تمنعنا من هذا أننا نرى — أو نظن أننا نرى — أن كرة التنس ليست مجموعة من الموجات .

وإذا لم يكن الجسم المتحرك كرة تنس بل كان كهربا فان الأمر يختلف عن هذا ؛ ذلك أنه وجد أن حركة الكهرب وهو يرتد عن سطح ما تشبه حركة مجموعة من الموجات ، فلا شىء يمنع أن يكون الكهرب مجموعة من الموجات ، وإذن لا يستطيع أحد أن يقول : "هذا شىء لا يعنينى — إنى أستطيع أن أرى الكهرب ، وواضح أنه ليس مجموعة من الموجات " هو لا يستطيع أن يقول ذلك ، إذ لم يسبق لأحد أن رأى كهربا أو كانت له أقل فكرة عن مظهره ، وفى وسعنا أن نعدّ الكهرب مجموعة من الموجات ، كما عددنا دقائق نيوتن الضوئية مجموعات من الموجات . وإذا شئنا أن نعرف هل الكهرب مجموعة من الموجات حقا ، وجب أن نرجع إلى الظواهر التى يسلك فيها جسم جامد ومجموعة من الموجات مسلكين مختلفين .

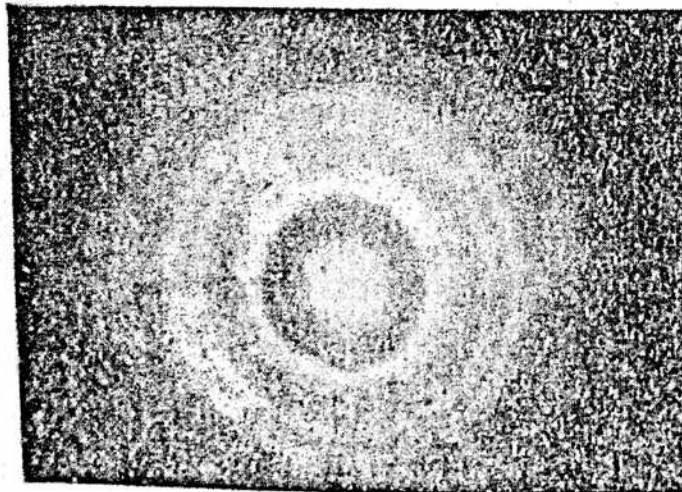
ولقد كانت الظواهر التى لا يسلك فيها الكهرب أبداً المسلك الذى ينتظر أن يسلكه مادمنا نعدّه جسيما — كانت هـذه الظواهر هى بالضبط مجموعة الظواهر التى نتطلع إليها ، وقد وجد فى كل حالة منها أن الكهرب يسلك بالضبط كما تسلك مجموعة من الموجات . ونذكر بصفة خاصة ظاهرة ارتداد وابل من الكهارب عن قرص معدنى ، فانها لا ترتد ارتداد حبب البَرَد أو كرات التنس ، لكنها تحدث شـكلا من أشكال ظاهرة الحيود ( انظر ص ٣٧ ) كما تفعل مجموعة من الموجات ( انظر شكل ٣ بلوحة ٢ ) ومثل ذلك يحدث اذا أطلق وابل من الكهارب خلال فتحة ضيقة ، فإنها تنتشر انتشارا جانبيا ، وتحدث شكلا من أشكال ظاهرة الحيود يشبه تمام الشبه الشكل الذى تحدثه موجات من الضوء ( انظر شكلى ١ و٢ بلوحة ٢ ). وهـذا لا يثبت بالطبع أن الكهرب يتكوّن حقا من موجات ، ولكنه يثير السؤال الآتى : أليس تصوير الكهرب فى صورة مجموعة من الموجات خيرا من تصويره فى صورة جسم جامد ؟ والحق أن تصوير الكهرب بصورة مجموعة من الموجات عمل لم يعجز قط عن التنبؤ بسلوك الكهرب ، على حين أن تصوير الكهرب على هيئة جسيم جامد عجز عن ذلك فى أحوال كثيرة يخطؤها الحصر .

إن النظرية الجديدة — نظرية الميكانيكا الموجية — تثبت أن كهربا أو پروتونا متحركا يجب أن يسلك سلوك مجموعة من الموجات ذات طول موجى معين ، وهذا السلوك موقوف على كتلة الجسيم المتحرك وعلى سرعة حركته ، وليس على شىء سواهما ، والأطوال الموجية التى تفرضها هـذه

# لوحة رقم ٢ — حيود الضوء والكهارب



(شكل ١) حلقات حيود ناتجة عن مرور الضوء خلال ثقب ضيق (ثقب دبوس) في حاجز معتم (عن ل . ر . ولبرفورس L.R. Wilberforce)



(شكل ٢) حلقات حيود ناتجة عن مرور كهارب في مساحة صغيرة جدا من سطح غشاء من الذهب (عن ج . ب . طومسون G.P. Thomson)

## (تابع) لوحة رقم ٢ — حيود الضوء والكهارب



(شكل ٣) حلقات حيود ناتجة من انعكاس كهارب عن مساحة صغيرة جدا من سطح من الذهب (عن ج . ب . طومسون G.P. Thomson)

النظرية للكهارب والپروتونات التى تتحرك فى ظروف المعمل العادية يسهل كثيرا قياسها بما فى المعمل من أجهزة عادية .

وقد أجريت تجارب على ما قد نسميه بحق انعكاس الكهارب وانكسارها، قام بها دافيسون وجرمر[1] فى أمريكا والأستاذ ج . ب . طومسون[2] فى أبردين وروپ[3] فى ألمانيا وكيكوشى[4] فى اليابان وغيرهم ، فكانت تطلق الكهارب على هيئة حزمة متوازية على سطح معدنى أو فى خلاله ، وفى كل حالة منها لم يكن التأثير الذى سجل على لوح فوتوغرافى موضوع وضعا مناسبا هو الذى كان يجب أن يحدث لو كانت الكهارب سلكت سلوك وابل من الخردق الصغير أو غيره من الجسيمات الجامدة ، بل أمكن فى كل حالة الحصول على شكل من أشكال ظاهرة الحيود يتكون من مجموعة من الحلقات متحدة فى المركز ، مضيئة ومظلمة على التوالى ، وهو الشكل الذى يمكن الحصول عليه لو أن موجات ذات طول موجى معين سقطت على اللوح. ولما قيس الطول الموجى وجد مطابقا كل المطابقة لما تنبأ به قانون الميكانيكا الموجية الذى سبق ذكره، وقد نجح مثل هذا النجاح حديثا الأستاذ ا . ج . دمبستر[5] فى تجاربه على الپروتونات المتحركة .

وقد أوضحت هذه التجارب وغيرها أن أقل ما يمكن أن يقال عن الموجات والأطوال الموجية التى تصحب الكهارب والپروتونات المتحركة هو أنها ليست مجرد خرافة ، بل إن فى طبيعتها من غير شك شيئا من الطبيعة

---

(1) C. J. Davisson & L. H. Germer

(2) Professor G. P. Thomson

(3) E. Rupp

(4) S. Kikuchi

(5) Professor A. J. Dempster

الموجية ؛ والصورة التى تمثل الكهارب والبروتونات المتحركة على أنها مجموعات موجية تفسر كل التفسير سلوكها داخل الذرة وخارجها خيرا مما تفسره الصورة القديمة التى كانت تعدها مجرد جسيمات مشحونة بالكهرباء .

وسنبحث فى طبيعة هذه الموجات بإسهاب أكثر من هذا فيما بعد (انظر ص ١٣٤) ، وحسبنا هنا أن نقول إن المادة ( الكهارب والبروتونات ) والإشعاع كليهما ذو طبيعة مزدوجة ؛ وإنه ما دام العلم يتناول الظواهر بمقياس عادى لا يصغر إلى أن يصل إلى عالم الذرات والكهارب ، فإن من المستطاع عادة أن نحصل على صورة صالحة إذا فرضنا أن المادة والإشعاع كليهما من نوع الجسيمات ؛ ولكن عند ما يتغلغل العلم فى دراسة الطبيعة ، فينتقل الى دراسة الظواهر الصغيرة المقياس ، يجد أن المادة والإشعاع يستحيل كلاهما إلى موجات .

واذا أردنا أن نفهم طبيعة الكون المادية الأساسية وجب علينا أن نوجه عنايتنا إلى هذه الظواهر الصغيرة المقياس ، ففيها تكمن طبيعة الأشياء النهائية ، وإذا كشفنا عنها كان ما نكشف عنه هو الموجات .

وهكذا بدأنا نظن أننا نعيش فى كون من الموجات ، ولا شىء غير الموجات ، وسنبحث فى طبيعة هذه الموجات فيما بعد ، أما الآن فحسبنا أن نلاحظ أن العلم الحديث قد ابتعد كثيرا عن الفكرة القديمة التى كانت تعد الكون مجرد مجموعة من قطع جامدة من المادة ، تظهر فيها عرضا موجات من الإشعاع أحيانا ، وسيخطو بنا الفصل التالى خطوة أخرى فى هذا الطريق .

# الفصل الثالث

## المـادة والإشـعاع

في نشأة العلم الأولى ارتضى العلماء قانون السببية من غير مناقشة، واتخذوه قاعدة يسترشدون بها فى العالم الطبيعى، فأدى ذلك إلى الكشف عن قوانين وضعت فى الصيغة العـامة القائلة ”إن سببا معينا (أ) يؤدى إلى نتيجة معروفة (ب)“. ومثال ذلك أن الحرارة تصهر الجليد. وإذا عبرنا عن هذا بعبارة مطولة قلنا إن الحرارة تنقص من مقدار الجليد فى الكون وتزيد من مقدار المـاء فيه .

وقد كان فى استطاعة الإنسان الأوّل أن يعرف هذا القانون بسهولة، ولم يكن عليه إلا أن يراقب تأثير الشمس فى الصقيع، أو تأثير أيام الصيف الطويلة فى أنهار الجليد الجبلية، كما كان فى استطاعته أن يلاحظ أن البرد فى الشتاء يعيد المـاء إلى جليد، ويحتمل أنه استطاع أن يعرف فى مرحلة أخرى من مراحل تقدمه أن مقدار هـذا الجليد العـائد من تجمد المـاء المنصهر يساوى مقـدار الجليد الأول قبل انصهاره، فكان من الطبيعى إذن أن يستدل من ذلك على أن الذى يبقى من غير أن يتأثر مقـداره شىء ينتمى الى طائفة أعم وأشمل من المـاء والجليد خلال عملية التحوّل الآتية :

جليد ← ماء ← جليد .

وفى علم الطبيعة الحديث قوانين مألوفة من هذا الطراز يطلق عليها "قوانين عدم الفناء". وما ذلك الكشف الذى نعزوه إلى الإنسان الأول سوى حالة خاصة من حالات قانون عدم فناء المادة. فقانون "عدم فناء س" أيا كانت س هذه معناه أن جميع ما فى الكون من س يبقى ثابتا على الدوام، فلا يستطيع شىء أن يحوّل س إلى شىء آخر غير س. وكل قانون مثل هذا هو بالضرورة قانون فرضى لا يدل فى الحقيقة إلا على أننا لم ننجح، برغم ما بذلنا من جهود، فى تغيير مجموع مقدار س. وما دمنا قد عجزنا فى كل مرة على الرغم مما بذلنا من جهود كبيرة، فإنه يحق لنا أن نضع قانونا لعدم فناء س، نتخذه على الأقل فرضا صالحا للعمل به.

وفى آخر القرن الماضى أقر علم الطبيعة ثلاثة قوانين أساسية لعدم الفناء وهى :

(ا) عدم فناء المادة.

(ب) « « الكتلة.

(ج) « « الطاقة.

ولا حاجة لأن يتضمن بحثنا هذا قوانين أخرى أقل أهمية، مثل قوانين عدم فناء كمية الحركة الطولية والزاوية، لأن هذه القوانين مجرد استنباط من القوانين الثلاثة الأساسية السالفة الذكر.

ولقد كان قانون عدم فناء المادة أكثر القوانين الثلاثة الكبرى قداسة. وقد استخدمه دمقريطس ولقريطس فى فلسفتهما الذرية التى فرضت أن كل أنواع المادة تتكون من ذرات لا يمكن استحداثها ولا تبديلها

ولا إفناؤها، وكانت تقرر أن ما يحتويه الكون من مادة يبقى ثابتا على الدوام لا يتغير ، وكذلك يبقى ثابتا مايحتويه أى جزء من الكون أو أى حيز فى الفضاء من مادة، إلا بقدر مايعتريه من تغيير بادخال ذرات فيه أو إخراجها منه . وكان الكون فى نظر هذه الفلسفة مسرحا لممثلين لا يتغيرون أبدا — هم الذرات — يمثلون عليه أدوارهم ، ويختلف بعضهم عن بعض فى تخفيهم وتجمعهم دون أن يحدث تغيير فى ذاتيتهم ، وهم فيه يتمتعون بالخلود .

وكان القانون الثانى ، قانون عدم فناء الكتلة، أكثر حداثة فى الوجود . فقد فرض نيوتن أن فى كل جسم أو قطعة من مادة مقدارا متصلا به لا يتغير ، هو كتلته التى يقاس بها "قصوره الذاتى" أو عدم رغبته فى تغيير حركته . فاذا لزم لسيارة ما ضعف القوة الآلية التى لسيارة أخرى ليكون فى مقدورنا أن نتحكم فى سرعة الأولى كما نتحكم فى سرعة الثانية ، قلنا إن كتلة السيارة الأولى ضعف كتلة السيارة الثانية . وكذلك يقرر قانون الجاذبية أن قوتى الجذب الواقعتين على جسمين تتناسبان بالضبط مع كتلتيهما، فاذا ثبت أن قوتى جذب الأرض لجسمين متساويتان وجب أن تكون "كتلتاهما" متساويتين أيضا ، ويتبع ذلك أن تكون أسهل طريقة لتقدير كتلة جسم ما هى أن يوزن هذا الجسم .

وقد أثبت علم الكيمياء على مر الزمن أن "ذرات" لقريطس لا يحق لها أن تسمى باسمها اليونانى[1] ، الذى يعنى أنها "غير قابلة للتجزئة" ، فقد ثبت أن الذرات ليست "غير قابلة للانقسام" ، ولذلك سميت

---

[1] ἀ-τέμνειν

" جزيئات " ، واحتُفِظ باسم " الذرة " للوحدات الصغيرة التى يمكن أن تنقسم إليها الجزيئات . و يمكن أن تقسَّم الجزيئات وأن يعاد ترتيب ذراتها بطرق كثيرة ، فقد يكفى لذلك مجرد حدوث تماس بينها و بين جزيئات أخرى كالذى يحدث عند ما يصدأ الحديد ، أو عند ما يضاف حامض إلى فلزّ ، كما يمكن تقسيم الجزيئات بالاحتراق أو الفرقعة أو الحرارة أو سقوط الضوء ، فاذا وضعت مثلا زجاجة من فوق أوكسيد الأيدروچين فى مكان معرّض للضوء ، فان مجرد مرور الضوء خلال السائل يقسم كل جزىء منه ( يد$_2$ أ$_2$ ) إلى جزىء من المـاء ( يد$_2$ أ ) وذرة من الأوكسيجين ( أ ) ؛ فاذا نزعنا سدادة الفلين عن زجاجتنا سمعنا ( طق ) نتج عن تصاعد غاز الأوكسيجين ، ووجدنا أن بعض فوق أوكسيد الأيدروچين قد تحوّل الى ماء . وكذلك تعيد جزيئات بروميد الفضة ترتيب ذراتهـا عند سقوط الضوء عليها ، وهذا التغير هو أساس التصوير الشمسى .

وفى أواخر القرن الثامن عشر اعتقد لاڤوازيه أنه وجد أن مجموع وزن المـادة قد بقى ثابتا لم يتغير فى جميع التحولات الكيميائية التى أجراها ، وبذلك صار قانون "عدم فناء الكتلة" على مر الزمن من أهم قواعد العلم . غير أننا نعلم الآن أن هـذا القانون ليس صحيحا صحة مطلقة ، لأنه وجد أن مجموع وزن الأوكسيچين الذى يتصاعد من زجاجة فوق أوكسيد الأيدروچين ، ووزن السائل الذى تبقى يزيد قليلا على وزن فوق أوكسيد الأيدروچين الأصلى ، كما وجد أن اللوح الفتوغرافى يزيد وزنه إذا عرّض للضوء ، وسنرى بعد قليل أن القانون غير دقيق ، لأنه يهمل وزن الضوء الذى تمتصه جزيئات فوق أوكسيد الأيدروچين أو بروميد الفضة .

أما القانون الثالث — أى قانون عدم فناء الطاقة — فهو أحدث القوانين كلها . ويمكن وجود الطاقة على أشكال متعددة مختلفة ، وأبسطها الطاقة الخالصة ، طاقة الحركة ، كحركة قطار على طريق مستو ، أوحركة كرة من كرات البليارد على منضدة . وقد أثبت نيوتن أن هذه الطاقة الميكانيكية الخالصة "لا تفنى" ، فاذا اصطدمت كرتان من كرات البليارد مثلا تغيرت طاقة كل منهما ، ولكن مجموع طاقتيهما لا يتغير ، وكل الذى يحدث أن تعطى إحداهما من طاقتها للأخرى ، دون أن تكتسب أو تفقد طاقة ما فى أثناء هذا التبادل ؛ ولكن هذا لا يصدق إلا إذا كانت الكرتان "تامتى المرونة" ، وهى حالة مثالية إذا تحققت فان الكرتين تتباعدان بعد التصادم بنفس السرعة التى كانتا تتقاربان بها قبل التصادم . غير أنه يبدو دائما أن الطاقة الميكانيكية تنقص فى الحالات الواقعية التى تحدث فى الطبيعة ، فالرصاصة تفقد من سرعتها فى أثناء سيرها فى الهواء ، والقطار يقف بعد زمن ما إذا وقفت آلته . وفى هاتين الحالتين وأمثالها تتولد حرارة ويحدث صوت . وقد أثبتت سلسلة طويلة من التجارب أن الحرارة والصوت نفسيهما نوعان من أنواع الطاقة ، وقد أجرى چول[1] سلسلة من التجارب الهامة فيما بين ١٨٤٠ — ١٨٥٠ ، فقاس الطاقة الحرارية وحاول أن يقيس الطاقة الصوتية بجهاز بدائى يتكون من وتر من أوتار الفيولونشلو[2] ؛ ومع أن تجاربه كانت غير دقيقة فانها أدت إلى اعتبار "عدم فناء الطاقة" قاعدة تتناول كل أنواع الطاقة المعروفة فى جميع أشكالها المختلفة ،

(١) J. P. Joule

(٢) (violoncello) آلة موسيقية تشبه الكمان إلا أنها أضخم منها وأعمق طبقة .

كالطاقة الميكانيكية والحرارية والصوتية والكهربية . وخلاصة ما أثبتته تلك التجارب أن الطاقة تتحول ولا تنعدم ، وأن ما يفقد فى الظاهر من طاقة الحركة يعوض عنه بظهور مقدار مساو له بالضبط من الطاقة الحرارية والصوتية ، فطاقة حركة قطار مندفع تعوضها طاقة مساوية لها من صوت المآزل الصارخة ، وتسخين العجلات ومصاد المآزل والقضبان .

واستمرت هذه القوانين الثلاثة طوال النصف الثانى من القرن التاسع عشر لا يتحداها متحد . وكان عدم فناء الكتلة وعدم فناء المادة يعدان وقتئذ شيئا واحدا ، لأن كتلة أى جسم كانت تعد مساوية لمجموع كتل ذراته ؛ وكان هذا بطبيعة الحال تفسيرا سهلا — وأسهل مما يجب فى الواقع كما نعرف الآن — لعدم استطاعة الفعل الكيميائى أن يغير مجموع الكتلة . أما قانون عدم فناء الطاقة الذى كشف حديثا فقد ظل منفردا بنفسه بعيدا عن القانونين القديمين . وظل العلماء ينظرون إلى الكون نظرتهم إلى مسرح تقوم ذرات بالتمثيل عليه ، وتحتفظ كل منها بذاتيتها وكتلتها طول وقت التمثيل ، ويكمل هذه الصورة أن الممثلين يتبادلون فيما بينهم "جوهرا" يعرف بالطاقة ، شأنه كشأن الممثلين أنفسهم لا يستحدث ولا ينعدم .

وكان يجب بطبيعة الحال أن تعد قوانين عدم الفناء الثلاثة المذكورة مجرد فروض صالحة لأن يعمل بها ، على أن توضع موضع الاختبار بكل الطرق الممكنة ، وتنبذ من فورها إذا ما بدت عليها أمارات الفشل ؛ ولكن يلوح أن العلماء كانوا يؤمنون بهذه القوانين إيمانا جعلهم يعدونها قوانين

عامة لا تنازع ، وكان من عادة علماء الطبيعة فى القرن التاسع عشر أن يتحدثوا عن هذه القوانين كأنها هى المسيطرة على كل الخليقة ، وعلى أساس هذا التفكير وضع الفلاسفة قواعدهم التى فرضوها على طبيعة الكون الأساسية.

غير أن هذا كان يشبه الهدوء الذى يسبق العاصفة، وقد كان أول نذير بالعاصفة المقتربة بحث نظرى قام به السير . چ . چ طمسون[1] أبان فيه أنه من المستطاع تغيير كتلة أى جسم مكهرب إذا ما حرك ، كما أبان أنه كلما زادت سرعة هذا الجسم زادت كتلته . وهذا يتعارض مع رأى نيوتن القائل بأن الكتلة ثابتة لا تتغير ، فاختفت بذلك من ميدان العلم إلى وقت ما قاعدة عدم فناء الكتلة .

وبقيت هذه النتيجة ردحا من الزمن مجرد فكرة ليس لها من شأن غير شأنها العلمى ، فلم يكن من المستطاع اختبارها بالملاحظة ، لتعذر شحن الأجسام العادية بما يكفى من الكهرباء ، ولتعذر تحريكها بما يكفى من السرعة لإظهار ما تنبأت به النظرية من تغيير ملحوظ فى كتلة هذه الأجسام. غير أنه عندما كان القرن التاسع عشر يقترب من نهايته بدأ السير . چ . چ طمسون وأتباعه يحطمون الذرة . فاتضح لهم أنها لم تبق غير قابلة للانقسام ، وأنها لذلك لم تعد خليقة بأن تسمى "ذرة" أكثر مما كان الجزىء خليقا بهذا الاسم من قبل . على أن كل الذى استطاع هؤلاء العلماء أن يفعلوه هو أن يفصلوا قطعا صغيرة فقط ، وحتى الآن لم يتم تحطيم

(1) Sir J. J. Thomson

الذرة إلى وحداتها النهائية تحطيما تاما . وقد وجدت القطع التى تمكنوا من فصلها متشابهة كل التشابه ومشحونة بكهرباء سالبة ، فسميت لذلك كهارب "إلكترونات" .

ومقدار الكهرباء فى الكهارب أكبر كثيرا من مقدار الكهرباء التى يمكن أن توجد فى أى جسم عادى ، فالجرام الواحد من الذهب إذا طرق حتى صار أرق ما يستطاع ، ثم جعل على شكل ورقة مربعة ضلعها ياردة واحدة ، فانه يمكن اذا واتى الحظ أن تستبقى عليها شحنة كهربائية قدرها ٦٠٠٠٠ وحدة كهربائية استاتيكية ؛ أما الجرام الواحد من الكهارب فإنه يحمل كهربائية دائمة أكبر من السابقة بمقدار تسعة ملايين المليون مرة تقريبا ؛ ولهذا السبب ولأنه يمكن بطرق كهربائية جعل الكهارب تحرك بسرعة تزيد على مائة ألف ميل فى الثانية ، صار من السهل إثبات أن كتلة الكهرب تتغير بتغير سرعته ، وقد أثبتت تجارب دقيقة أن هذا التغير هو بعينه التغير الذى تنبأت به النظرية .

وقد ثبت الآن بفضل أبحاث روذرفورد أن الذرة لا تتكون كلها إلا من كهارب مشحونة بكهربائية سالبة ومن جسيمات مشحونة بالكهرباء ، وكان هذا كافيا لأن تصبح العلوم التى تبحث فى خواص المادة وتركيبها فروعا لعلم واحد يشملها جميعا ، هو علم الكهرباء . وكان فراداى[1] ومكسويل قبل ذلك قد أثبتا أن كل شعاع هو بطبيعته كهربائى ، وبذلك أصبح علم الطبيعة كله داخلا فى نطاق علم واحد هو علم الكهرباء.

---

(1) M. Faraday

وبما أن كل جسم هو مجموعة من جسيمات مشحونة بالكهرباء ، فإن البحوث النظرية السالفة الذكر تدل على أن كتلة كل جسم متحرك تتغير تبعا لسرعة حركته ، وذلك أن كتلة الجسم المتحرك يمكن أن تعد مكونة من قسمين : أحدهما ثابت يحتفظ به الجسم حتى فى حالة سكونه ويعرف " بكتلة السكون " والثانى متغير وهو يتبع سرعة حركة الجسم . وقد أثبتت المشاهدات والنظريات معا أن هذا القسم الثانى يتناسب بالضبط مع طاقة حركة الجسم ، فكتلتا كهربين أو كتلتا أى جسمين آخرين متشابهين تختلفان بمقدار ما يكون بين طاقتيهما من فروق بالضبط .

وفى عام ١٩٠٥ توسع اينشتين فى تطبيق هذه النظرية وعممها تعميما كبيرا ، فقد أثبت أن كل ما يمكن أن نتصوره من أنواع الطاقة ، لا طاقة الحركة فحسب ، يجب أن تكون له كتلته الخاصة به ؛ وإلا بطلت نظرية النسبية . وبهذه الطريقة صارت كل تجربة تجرى لتحقيق نظرية النسبية دليلا على صحة الفرض القائل بأن للطاقة كتلة ؛ وقد دلت بحوث اينشتين على أن كتلة الطاقة أيا كان نوعها موقوفة على مقدار الطاقة وحدها وتتناسب معها بالضبط ، وهذه الكتلة جد صغيرة أيضا ، فالباخرة موريتانيا[1] مثلا وهى مشحونة شحنة كاملة تزن ما يقرب من ٥٠٠٠٠ طن ، فاذا سافرت بسرعة ٢٥ عقدة فان حركتها لا تزيد من وزنها إلا نحو جزء من مليون جزء من الأوقية ، كما أن الطاقة التى يبذلها الإنسان فى عمل يدوى شاق خلال حياة طويلة الأمد ، لا تزن أكثر من $\frac{١}{٦٠٠٠}$ من أوقية .

(1) Mauretania

وقد كان من الممكن بعد هذا الكشف أن تصحح أوضاع قانون بقاء الكتلة ، بعد أن عرف أن الكتلة تتكون من مجموع كتلتى السكون والطاقة . ولما كانت كلتا الكتلتين على انفراد باقية لا تفنى ( الأولى لأن المادة باقية والثانية لأن الطاقة باقية ) ، فلا بد أن تظل الكتلة فى مجموعها باقية لا تفنى ، فبعد أن كان علم الطبيعة فى القرن التاسع عشر يعد بقاء الكتلة نتيجة لبقاء المادة لا لشىء سواه ، كشف علم الطبيعة فى القرن العشرين أن لبقاء الطاقة أيضا شأنا فى بقاء الكتلة ، وأصبح من المقرر الآن أن السبب الوحيد فى بقاء الكتلة هو أن المادة والطاقة باقيتان كلتاهما على انفراد .

وطالما كانت الذرات معدودة باقية لا تفنى ، وأنها كما قال مكسويل "أحجار بناء الكون التى لا تنعدم" ، فقد كان من الطبيعى أن ينظر إليها على أنها مكونات الكون الأساسية ، أى أن الكون كان بالاختصار يعد كونا من الذرات ليس للإشعاع فيه إلا أهمية ثانوية . وقد افترض أن الذرة كانت تتذبذب من حين إلى حين ، كما يهتز الجرس اذا ضرب ، فتصدر إشعاعا إلى أمد قصير كما يصدر الجرس الصوت ، ثم تعود بعد حين إلى حالة السكون العادية ؛ ولكن الإشعاع لم يكن معدودا من المكونات الأولية للمادة ، أكثر مما يعد الصوت من المكونات الأولية لمجموعات أجراس التنغيم ، وهذا يفسر لنا لماذا استحال على الناس أن يتصوروا كيف استطاعت الشمس أن تستمر على الإشعاع آلاف الملايين من السنين أو أكثر ، فقد كان الاعتقاد السائد أن ضوء الشمس يحدث بسبب اضطراب الذرات ، ولكن أحدا لم يكن يستطيع أن يتصور سبب استمرار هذا الاضطراب .

وما أن عرف أن الذرة تتكوّن من جسيمات مكهربة حتى بدأت وجهة النظر تتغير ؛ ذلك أننا مهما بعدنا عن جسيم مكهرب ، فاننا لن نستطيع أن نخرج عن دائرة أثره فينا بالجذب أو بالطرد، وهذا يدل على أن الكهرب يجب أن يحتل الفضاء كله أيا كان معنى هذا الاحتلال . وقد جعل فاراداى ومكسويل الأمر أكثر من هــذا وضوحا ، فصوّرا الجسيم المكهرب بما يشبه الأخطبوط فى تركيبه ، أى كأنه جسم مادى يخرج منه شيء يشبه المجسات أو قرون الاستشعار و يسمى " خطوط القوة " ينتشر فى الفضاء كله، فاذا تجاذب جسمان مكهربان أو تنافرا، فسبب التنافر أو التجاذب اشتباك قرون الاستشعار فى كليهما بطريقة مّا وحدوث الشد أو الدفع بينهما . وقد فُرض أن قرون الاستشعار هـذه تتكوّن من قوى مغنطيسية وكهربائية يصـدر عنها الإشعاع أيضا ؛ فاذا أصـدرت الذرة إشعاعا ، فكل الذى يحـدث أنها تطلق بعض قرون الاستشعار فيها فى الفضـاء ، كما يُخرج القنفذ أشواكه من جسمه ، وهذا التصوير قد جعل الإشعاع والمـادة أوثق ارتباطا ممـا كانا من قبل .

ولمـا كانت أنواع الإشعاع جميعها صورا وأشكالا من الطاقة، وجب أن تكون طبقا لقاعدة اينشتين ذات كتل أيضـا ؛ فاذا ما بعثت الذرة إشعاعا نقصت كتلتها بقدر كتلة الإشعاع المنبعث منها، وهى فى ذلك كالقنفذ إذا فرضنا أنه قذف بأشـواكه بعيدا عنه ، ذلك أن وزنه فى هذه الحـال ينقص بمقدار وزن شوكه . فاذا احترقت قطعة من الفحم فان وزنها لا يساوى وزن ما ينتج عنها من رماد ودخان فقط ، بل يجب أن يضاف الى وزن الرماد والدخان وزن الضوء والحرارة اللذين ينبعثان فى أثناء عملية

الاحتراق ، وعندئذ فقط يكون المجموع الكلى مساويا لوزن قطعة الفحم الأصلية بالضبط .

ومنذ عام ١٨٧٣ أثبت مكسويل أن الضوء يحدث ضغطا على أى سطح يقع عليه ، ونحن الآن نعد هذا نتيجة حتمية لما يلازم الإشعاع من كتلة . ذلك أن شعاع الضوء هو كتلة تسير بسرعة الضوء وقدرها ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية. وقد لاحظ لبدو [١] ذلك الضغط فيما بعد ، ثم وجد نكلس [٢] أن مقداره كما قدره مكسويل . ويمكن رؤية الهدف يرتد من أثر صدمة إشعاع صادر من ضوء لامع كأن رصاصة قد أطلقت عليه ، غير أننا نعلم مما يقع تحت حسنا على الأرض أن هذه الصدمة الناتجة من الضوء ضعيفة جدا ، فاذا أردنا أن نقف على أقوى أثر لهذه الظاهرة ، وجب علينا أن نترك الأرض وعلم الطبيعة الذى وصلنا إليه فى معاملنا الأرضية ، ونستعيض عنهما بالسماء وعلم الطبيعة الواسع الذى يعمل هناك فى جفان النجوم الهائلة. فاذا أنت رفعت حرارة قذيفة مدفع عادية من ذات الست البوصات إلى ٥٠ مليون درجة ، وهى الدرجة التى يتوقع وجودها فى باطن الشمس أو فى نجم متوسط القدر ، فان ضغط الإشعاع المنبعث منها ، والذى يشبه ضغط الماء المندفع من خرطوم الحريق ، يكفى لأن يحصد كل من يقترب إلى مدى خمسين ميلا منها . وفى الحق إن ضغط الإشعاع داخل النجوم يبلغ من العظم حدا يكفى لأن يجعل له نصيبا ملحوظا من وزنها .

---

(١) P. Lebedew

(٢) E. F. Nichols

وقد ثبت حسابيا أن نحو جزء من عشرة آلاف جزء من الأوقية من ضوء الشمس يقع فى كل دقيقة على كل ميل مربع من الأرض تحت الشمس مباشرة ، وأن هذا المقدار يقع بسرعة الضوء ويحدث فى أثناء عودته إلى السكون ضغطا على الأرض يقدر بما يقرب من ٤٠٠،٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠و من الضغط الجوى ، وتبدو هذه الأرقام صغيرة إلى حد يدعو إلى السخرية ؛ ولتقريبها الى ذهن القارئ نقول إن وزن ضوء الشمس الذى يقع على الأرض فى مدى قرن أقل من وزن ما يقع من الماء فى $\frac{1}{50}$ من الثانية فى مطرة غزيرة . على أن هذه الكمية لا تبدو صغيرة إلا لأن ميلا مربعا شىء شديد الضآلة بالقياس إلى الفضاء الفلكى . أما مجموع ما تصدره الشمس من الإشعاع فيكاد يصل بالضبط إلى ٢٥٠ مليونا من الأطنان فى الدقيقة ، وهو يقرب من أن يكون قدر متوسط ما يمر من الماء تحت جسر لندن عشرة آلاف مرة . وهنا نلاحظ ملاحظة عارضة وهى أنه إذا كانت هذه النسبة التى نقدرها بعشرة آلاف خاطئة ، فليس الخطأ ناتجا من أننا لا نعرف بالضبط وزن الإشعاع الشمسى ، ولكنه ناتج من أننا لا نعرف بالدقة التامة متوسط مقدار ما يمر من الماء فى نهر التاميز ، ذلك بأن علم الطبيعة الفلكية علم أصح كثيرا من علم حركة السوائل الأرضية .

ويقع على الشمس وزن معين من إشعاع النجوم الأخرى ، ولكنه لا يذكر إذا قيس بوزن الإشعاع الذى ينساب من الشمس نفسها ، ولهذا فان الشمس لاتستطيع أن تحتفظ بوزنها إلا اذا كان معدل مايدخلها من المادة الحقيقية يقرب من ٢٥٠ مليونا من الأطنان فى الدقيقة .

والشمس فى سيرها فى الفضاء تكتسح مواد ضالة فيه ، على هيئة ذرات أو جزيئات غريبة وجسيمات ترابية ونيازك . وأصل هذه النيازك أجسام صلبة صغيرة ، يوجد منها عدد هائل داخل المجموعة الشمسية يدور حول الشمس فى أفلاك كأفلاك الكواكب، وهى تندفع أحيانا نحو جوّ الأرض فترتفع درجة حرارتها حتى تصل الى درجة التوهج بسبب مقاومة الهواء لها فى أثناء سقوطها ، فتظهر على شكل شهب أو نجوم هاوية؛ وهى تستحيل عادة الى بخار قبل أن تصل إلى سطح الأرض ، ولكن يحدث أحيانا أن يكون حجم أحدها من الكبر بحيث لا يتحلل كله ، فيبقى منه ما ينجو من تأثير قوة التهشيم الناتجة من مقاومة الهواء له ، فيصل الأرض على شكل حجر يعرف بالحجر النيزكى . وقد يكون حجم هذه الحجارة النيزكية كبيرا جدا فى بعض الأحيان ، فقد حدث فى عام ١٩٠٨ أن سقط أحدها فى سيبيريا [١] فأثار زوابع دمرت مساحات كبيرة من الغابات ، كما أثارت صدمته للأرض الصلبة موجات أمكن تسجيلها على مسافة آلاف من الأميال . وكذلك يوجد فى أريزونا [٢] انخفاض كبير يشبه فوهة البركان يبلغ محيطه ثلاثة أميال ، ويقال إنه حدث من سقوط حجر أكبر من حجر سيبيريا فى أزمنة ما قبل التاريخ . غير أن مثل هذه الحجارة المـاردة نادرة الحدوث ، أما النيزك العادى فصغير جدا لا يزيد عادة على حجم ثمرة الكريز أو حبة الحمص.

وقد قدر شابلى [٣] أن آلاف الملايين من الشهب تقتحم جوّ الأرض يوميا ، وهذه كلها تتحول الى تراب وبخار يزيد بمقداره وزن الأرض ، ويقع على

---

(١) Siberia

(٢) Arizona

(٣) H.Shapley

الشمس منها عدد كبير جدا لا يعد ما يقع على الأرض شيئا إلى جانبه، ويقدر بملايين الملايين فى الثانية . وأكبر الظن أن هذه الملايين هى التى يتكون منها أكبر قسم من المواد الضالة التى تجمعها الشمس ، غير أن شابلى يقدر المجموع الكلى للمواد النيزكية التى تقع على الشمس بما لا يكاد يزيد على ألفى طن فى الثانية ، وهذا أقل من $\frac{١}{٢٠٠٠}$ مما تفقده الشمس بالإشعاع ؛ ولذلك يكاد يكون محققا أن الشمس تفقد من وزنها بمعدل ٢٥٠ مليونا من الأطنان تقريبا فى الدقيقة ؛ فجرم الشمس إذن آخذ فى النقصان، وهو يزول شيئا فشيئا أمام أعيننا ، ويذوب كما يذوب جبل الجليد فى تيار الخليج[1] ، وليس ثمة شك فى أن هذا يصدق كذلك على غيرها من النجوم.

وهذه النتيجة تتفق اتفاقا حسنا مع الحقائق العامة فى علم الفلك ، فإن ما تجمع من الحقائق الكثيرة يدل على أن النجوم الحديثة التكوين أثقل من النجوم القديمة ولو أنه لا يوجد برهان قاطع على ذلك . وليست النجوم الحديثة أثقل من القديمة بملايين قلائل من الأطنان، بل هى أثقل منها مرات عدة قد تكون عشر مرات أو خمسين مرة ، وقد تبلغ مائة مرة فى بعض الأحوال . وأبسط تفسير لهذا هو أن النجوم تفقد الجزء الأكبر من وزنها فى أثناء حياتها ، وتكفى عملية حسابية سهلة لإثبات أن الشمس ، التى ينقص وزنها بمعدل ٢٥٠ مليونا من الأطنان تقريبا فى الدقيقة ، تحتاج إلى ملايين الملايين من السنين حتى تفقد الجزء الأكبر، أو على الأقل جزءا هاما ، من وزنها. ولما كانت قصة النجوم

---

(١) Gulf-Stream

الأخرى تكاد تشبه قصة شمسنا فان فى استطاعتنا أن نحدد للنجوم بوجه عام أعمارا تقدر بملايين الملايين من السنين .

ولدينا طرق أخرى لتقدير أطوال الأعمار النجمية ، فحركة النجوم فى الفضاء توضح قدمها السحيق ، وهى كذلك تحدد لها أعمارا تبلغ ملايين الملايين من السنين فقد عرفنا أن النجوم يبعد بعضها عن بعض فى الفضاء بعدا يجعل من النادر جدا أن يقترب نجمان أحدهما من الآخر اقترابا شديدا، ولكن لا بد أن يكون كل نجم قد اقترب عدة مرات من نجم آخر ما دامت النجوم قد عمرت تلك الأعمار الطويلة الهائلة التى تقدر بملايين الملايين من السنين . وقوة الجذب التى يمكن أن تحدث بين النجوم فى حالات الاقتراب هذه لا تبلغ عادة من الشدة ما يمكنها من تمزيق النجوم وخلق الكواكب ، ولكنها تكفى لأن تجعل النجوم تنحرف عن طريقها ، وتغير من سرعة تحركها . وفى الكون مجموعات ثنائية من النجوم تتكون كل مجموعة منها من كتلتين منفصلتين متلازمتين تتحركان فى الفضاء كأنهما نجم واحد، فإذا اقترب من إحدى هذه المجموعات نجم آخر فإن ما له من شدة الجذب يعدل من مدارى النجمين فى هذه المجموعة الثنائية .

ويمكن حسبان كل هذه الأحداث حسبانا مفصلا ، نعرف منه بالضبط ما يمكن أن يحدث ، إذا صح أن النجوم قد عاشت هذه الأعمار الطويلة المدهشة التى قدرناها تقديرا مؤقتا بملايين الملايين من السنين . ويدل الحساب على صحة كل ما افترضناه، فثمة كل النتائج التى تنبأنا بها ، ثم إن أجرام النجوم تدل على أنها قد عاشت ملايين الملايين من السنين .

ويناقض كل ما تقدم نوع آخر من الأدلة يشير إلى نتيجة تختلف كل الاختلاف ، ولذلك يجب أن نناقشها فى شىء من التفصيل ، وإن كانت تحتاج إلى شىء كثير من الدراية الفنية ، وتزج بنا فى أعقد مسائل نظرية النسبية العويصة . وسنرى فى الفصل التالى أن هذه النظرية تفرض الفضاء مقوسا كتقوس سطح الأرض أو شديد القرب منه ، وأن هذا التقوس هو الذى يسبب انحناء أشعة الضوء الذى يشاهد فى حالات كسوف الشمس ، وأنه هو الذى يسبب انحناء أفلاك الكواكب والمذنبات الذى اعتدنا أن نرجع سبب حدوثه لفعل "قوة جاذبة" . وتقول هذه النظرية إن وجود المادة لا يحدث "القوة" التى تعدها تلك النظرية مجرد وهم لاوجود له ولكنه يحدث انحناء الفضاء. ولكى نذلل ما يواجهنا بسبب ذلك من الصعاب ، واحدة بعد أخرى ، نفرض مؤقتا أن وجود المادة هو دون غيره سبب انحناء الفضاء. فإذا سلمنا بذلك فإن الكون الخالى من كل مادة على الإطلاق يكون فضاؤه غير منحن مطلقا لعدم وجود المادة التى تسبب انحناءه ، ولذلك يكون حيزه غير محدود . غير أن الكون ليس خاليا من المادة ، ولذلك يقدر حيزه بمقدار ما يحتويه منها ، وكلما زادت كمية المادة فيه زاد تقوس الفضاء وزادت سرعة انطوائه على نفسه ونقص حيزه ، كما أن الدائرة التى ينحنى محيطها انحناء سريعا تكون أصغر من التى ينحنى محيطها بالتدريج .

وثمة تجربة مشهورة تجرى على إحدى فقاقيع الصابون بعد كهربتها ، وتزيد هذه الفكرة وضوحا : ضع فقاعة من الصابون نفخت بالطريقة المألوفة على قرص آلة كهربائية تر أنه كلما دارت الآلة وزادت شحنة الفقاعة

بالكهرباء ، زاد حجمها فى أثناء ذلك باستمرار حتى تنفجر فى النهاية . ويشبه الكون فقاعة الصابون فى هذه الحالة (إلا فى انفجارها فى النهاية)، ويرتبط حجم الفقاعة بمقدار ما تحمل من شحنة كهربائية ، كما يرتبط حجم الكون بمقدار ما يحتويه من مادة . غير أن بين الفقاعة والكون فرقين أساسيين : الأول أن لفقاعة الصابون مقدارا معينا من التقوس المتأصل فى تركيبها ، ولذلك يكون لها حيز معين محدود يمكن أن تصل إليه حتى ولو كانت غير مشحونة بالكهرباء ، أما الكون فإن حيزه يصير غير محدود عندما يخلو من المادة والفرق الثانى هو أن حيز فقاعة الصابون يزداد كلما زادت شحنة الكهرباء فيها ، أما الكون فإن حيزه يصغر كلما زاد مقدار المادة فيه ، فكلما كثرت المادة الموجودة فى الكون قل الفضاء الذى يحتويها .

وقد حاول اينشتين أن يتغلب على الاعتراض الأخير وغيره من الاعتراضات ، فزاد أوجه الشبه بين الكون وفقاعة الصابون ، وتصور أن له تقوسا متأصلا فيه ، زيادة على التقوس الذى تحدثه فيه المادة ، وهذا التقوس الأخير من نوع خاص يسمح له بأن يزيد حجمه كلما زاد مقدار المادة التى فيه .

ويبقى بعد ذلك فرق هام بين الكون وفقاعة الصابون ؛ ذلك أن جميع الكتل الجاذبة التى فى الفضاء يجذب بعضها بعضا ، ولكن الشحنات الكهربائية التى على سطح فقاعة الصابون تتنافر ويطرد بعضها البعض لأنها شحنات متشابهة ، فهى إما سالبة كلها أو موجبة كلها ، وينتج عن هذا أن تكون الفقاعة المكهربة جسما ثابتا كل الثبوت ، فإذا أنت أضفت

إلى ما فيها قليلا من الكهربائية فإنها تكيف نفسها فى هدوء لمواجهة حالة اتزان جديدة زاد فيها حجمها عن ذى قبل زيادة قليلة ، فإذا أنت هززتها بعد ذلك فإنها تواصل الاهتزاز مدة قصيرة ، ثم لا تلبث أن تعود إلى حالة السكون بعد ذلك ، ولكنها إذا شحنت بمادة جاذبة فإنها لا تبقى ثابتة لما بين الجذب والدفع من خلاف . ويستطيع الرياضى أن يفهم لماذا يكون الأمر كذلك ، ومع أن الفرق جد كبير بين كون وفقاعة ذات بعدين مكونة من غشاء من رغوة الصابون ، فإن البحث الذى أجراه حديثا القس لميتر[1] العالم الرياضى البلجيكى يثبت صحة الشبه بينهما ، ويثبت فوق ذلك أن مثل هذا الكون الذى نتحدث عنه الآن يصير غير ثابت التكوين ، ولا يمكن أن يبقى ساكنا زمنا طويلا ، بل يبدأ من فوره فى التمدد إلى ما لا نهاية له ، أو فى التقلص إلى نقطة ، وإذن يكون الحيز الحقيقى الذى يشغله كون ذو عمر محدود آخذا فى التمدد أو فى التقلص ، وتكون الأجسام المختلفة التى يحتويها الكون مندفعة كلها متقاربة أو متباعدة بسرعة عظيمة .

وقد وضع لميتر نتائجه على أساس الصورة التى رسمها اينشتين لكون يرتبط حيزه وهو ساكن بمقدار ما يحتويه من المادة ؛ وكان الأستاذ دى ستر[2] من مدينة ليدن[3] قد صور الكون فى صورة أخرى تختلف عن صورته عند اينشتين كل الاختلاف ، فقد فرض مثله أن للكون مقدارا محدودا من التقوس تفرضه عليه الخواص المتأصلة فى الفضاء والزمن ، وأن المادة

---

(١) Abbé Lemaître (٢) Prof. W. de Sitter (٣) Leiden

التى فى الكون أضافت له تقوسا آخر ، ولكن لما كانت المادة موزعة فى الكون توزيعا شحيحا ، فإن هذا التقوس الإضافى قليل الأهمية إذا وازناه بالتقوس الناتج عن طبيعة الفضاء والزمن . وعندما درس دى ستر خواص الكون الذى تصوره دراسة رياضية وجد هو أيضا أن فضاءه يميل إلى التمدد والتقلص وأن كل ما فيه من أجرام تميل إلى الاندفاع لكى تتقارب أو تتباعد .

وقد بدت فى أول الأمر صورة الكون التى تخيلها دى ستر كأنها تعارض الصورة الأولى التى تخيلها اينشتين ،ولذلك قنع العلماء الرياضيون بالانتظار حتى يستجد ما يحسم الخلاف بينهما . ولكن أبحاث لميتر تدل الآن على أن الصورتين أقرب إلى التئام منهما إلى التعارض ، فكلما تمدد كون اينشتين غير الثابت شحت المادة الموجودة فيه بالتدريج ، حتى ينتهى به الأمر الى أن يصير كونا خاليا مثل الكون الذى تصوره دى ستر . ويحق لنا أن نتصور كون اينشتين وكون لميتر كأنهما يقعان عند طرفى سلسلة ، ولكننا نخطئ اذا تصورنا كلا منهما يندفع فى اتجاه مضاد لاتجاه الآخر ، بل كل ما فى الأمر أنهما يمثلان حدى كونين يحتمل وجودهما ، وأن الكون الذى يبدأ من طرف السلسلة الذى فيه كون اينشتين أو قريبا منه ينزلق حتما شيئا فشيئا على طول السلسلة نحو الطرف الذى فيه كون دى ستر . فاذا فكرنا فى بناء كوننا على هذه الأسس لم يكن السؤال الذى يواجهنا هو : فى أى الطرفين يقع هذا الكون ؟ بل على أى مسافة من أحد الطرفين يقع ؟

ويتشابه هذان الكونان المثاليان الموجودان فى طرفى السلسلة ، فى أن الأجسام الموجودة فى كل منهما يجب أن تكون إما مندفعة بعضها عن بعض

أو مندفعة بعضها إلى بعض . و يصدق هذا على طول السلسلة كلها لا على طرفيها فحسب ؛ فاذا كان الكون مبنيا طبقا لنظرية النسبية ، و يكاد لا يكون ثمة شك فى أنه كذلك ، فلا بد أن تكون أجسامه كلها آخذة فى الاقتراب أو الابتعاد .

وهـذه النتائج من الأهمية بمكان ، فقد لوحظ منذ عدة سنوات أن السدم الحلزونية البعيدة تندفع متباعدة عن الأرض كما تدل على ذلك جميع مظاهرها ، ولذلك يظن أيضا أنها تبتعد بعضها عن بعض بسرعات مروعة تزداد كلما تعمقنا فى الفضاء ؛ وقد وجد أن آخر ما رصد من السدم فى جبل[1] ولسن ، وهو سديم يعدّ من أبعد السدم التى يمكن رصدها باستخدام المنظار الكبير الذى قطر مرآته مائة بوصة — قد وجد أن هذا السديم يبتعد عن الأرض بسرعة مروعة قدرها ١٥٠٠٠ ميل فى الثانية . ودرس كل من الدكتورين هبل[2] وهوماسون[3] هـذا الموضوع دراسة خاصة على جبل ولسن ، فوجدا أن السرعات التى تبتعد بها السدم عنا تتناسب على وجه التقريب مع أبعاد المسافات التى بيننا و بين هـذه السدم ، وهو ما يجب أن يكون اذا صحت آراء نظرية النسبية فى نظام الكون ،وقد وجد أن سرعة السديم الذى يصل الينا ضوؤه فى عشرة ملايين من السنين تقرب من ٩٠٠ ميل فى الثانية ، كما وجد أيضا أن سرعات السدم الأخرى تتناسب تناسبا تقريبيا ، إن لم يكن تاما ، مع أبعادها ؛ فقد وجد مثلا

(١) Mount Wilson (٢) Dr. E. Hubbel (٣) Dr. M. Humason

التى فى الكون أضافت له تقوسا آخر ، ولكن لما كانت المادة موزعة فى الكون توزيعا شحيحا ، فإن هذا التقوس الإضافى قليل الأهمية إذا وازناه بالتقوس الناتج عن طبيعة الفضاء والزمن . وعندما درس دى ستر خواص الكون الذى تصوره دراسة رياضية وجد هو أيضا أن فضاءه يميل إلى التمدد والتقاص وأن كل ما فيه من أجرام تميل إلى الاندفاع لكى تتقارب أو تتباعد .

وقد بدت فى أول الأمر صورة الكون التى تخيلها دى ستر كأنها تعارض الصورة الأولى التى تخيلها اينشتين ، ولذلك قنع العلماء الرياضيون بالانتظار حتى يستجد ما يحسم الخلاف بينهما . ولكن أبحاث لميتر تدل الآن على أن الصورتين أقرب إلى التآم منهما إلى التعارض ، فكلما تمدد كون اينشتين غير الثابت شحت المادة الموجودة فيه بالتدريج ، حتى ينتهى به الأمر الى أن يصير كونا خاليا مثل الكون الذى تصوره دى ستر . ويحق لنا أن نتصور كون اينشتين وكون لميتر كأنهما يقعان عند طرفى سلسلة ، ولكننا نخطئ اذا تصورنا كلا منهما يندفع فى اتجاه مضاد لاتجاه الآخر ، بل كل ما فى الأمر أنهما يمثلان حدى كونين يحتمل وجودهما ، وأن الكون الذى يبدأ من طرف السلسلة الذى فيه كون اينشتين أو قريبا منه ينزلق حتما شيئا فشيئا على طول السلسلة نحو الطرف الذى فيه كون دى ستر . فاذا فكرنا فى بناء كوننا على هذه الأسس لم يكن السؤال الذى يواجهنا هو : فى أى الطرفين يقع هذا الكون ؟ بل على أى مسافة من أحد الطرفين يقع ؟

ويتشابه هذان الكونان المثاليان الموجودان فى طرفى السلسلة ، فى أن الأجسام الموجودة فى كل منهما يجب أن تكون إما مندفعة بعضها عن بعض

أو مندفعة بعضها إلى بعض . و يصدق هذا على طول السلسلة كلها لا على طرفيها فحسب ؛ فاذا كان الكون مبنيا طبقا لنظرية النسبية ، و يكاد لا يكون ثمة شك فى أنه كذلك ، فلا بد أن تكون أجسامه كلها آخذة فى الاقتراب أو الابتعاد .

وهـذه النتائج من الأهمية بمكان ، فقد لوحظ منذ عدة سنوات أن السدم الحلزونية البعيدة تندفع متباعدة عن الأرض كما تدل على ذلك جميع مظاهرها ، ولذلك يظن أيضا أنها تبتعد بعضها عن بعض بسرعات مروعة تزداد كلما تعمقنا فى الفضاء ؛ وقد وجد أن آخر ما رصد من السدم فى جبل[1] ولسن ، وهو سديم يعدّ من أبعد السدم التى يمكن رصدها باستخدام المنظار الكبير الذى قطر مرآته مائة بوصة — قد وجد أن هذا السديم يبتعد عن الأرض بسرعة مروعة قدرها ١٥٠٠٠ ميل فى الثانية . ودرس كل من الدكتورين هبل[2] وهوماسون[3] هـذا الموضوع دراسة خاصة على جبل ولسن ، فوجدا أن السرعات التى تبتعد بها السدم عنا تتناسب على وجه التقريب مع أبعاد المسافات التى بيننا و بين هـذه السدم ، وهو ما يجب أن يكون اذا صحت آراء نظرية النسبية فى نظام الكون ، وقد وجد أن سرعة السديم الذى يصل الينا ضوؤه فى عشرة ملايين من السنين تقرب من ٩٠٠ ميل فى الثانية ، كما وجد أيضا أن سرعات السدم الأخرى تتناسب تناسبا تقريبيا ، إن لم يكن تاما ، مع أبعادها ؛ فقد وجد مثلا

(1) Mount Wilson (2) Dr. E. Hubbel (3) Dr. M. Humason

أن ضوء السدم المرسومة فى لوحة رقم ١ يصل إلينا بعد خمسين مليونا من السنين، وأن هذه السدم تبتعد عنا بسرعة تقرب من ٤٥٠٠ ميل فى الثانية.

وهذه الأرقام عظيمة الأهمية، لأننا إذا تتبعنا راجعين إلى الوراء طريقها الذى سارت فيه ، والذى يمكن استنباطه من هذه الأرقام، أدى بنا ذلك الى أن جميع السدم كانت لا بد محتشدة بالقرب من الشمس منذ وقت لا يزيد على بضعة آلاف من ملايين السنين ، وهذا كله يرجح أننا نعيش فى كون يتمدد ، وأنه بدأ يتمدد منذ عهد قريب لا يزيد على آلاف قليلة من ملايين السنين .

ولو كان هذا هو مبلغ علمنا عن هذه المسألة لصعب علينا أن نحدد أعمار النجوم بملايين الملايين من السنين ، لأن الذى يفهم منه ضمنا أن السدم كانت كلها محتشدة فى مكان واحد ، أو أنها تتجه كلها صوب منطقة صغيرة من مناطق الفضاء ، وظلت كذلك ملايين الملايين من السنين ؛ وأنها لم تبدأ تنتشر فى أنحاء الفضاء إلا حديثا فى غضون الجزء الأخير من الألف جزء من حياتها . فاذا تحقق فى نهاية الأمر وجود الحركات التى تبتعد بها السدم عنا، فانه يكون من الصعب أن نقدّر للكون عمرا يزيد على الآلاف قليلة من ملايين السنين .

ولكن لا يزال ثمة مجال كبير للشك فى صحة هذه السرعة المروعة ، لأننا لم تقدرها عن طريق المشاهدة المباشرة ، بل استنبطناها استنباطا باستخدام قاعدة تعرف بقاعدة دپلر[1] ؛ وتفصيلها أن من المشاهدات المألوفة أن

---

(1) Doppler's Principle

الصوت الذى يحدثه بوق سيارة مبتعدة عنا يكون أعمق طبقة (أى أغلظ) منه والسيارة مقتربة منا ؛ وطبقا لهـذه القاعدة نفسها يظهر لون الضوء المنبعث من جسم يبتعد عنا أشـد حمرة من لون الضوء المنبعث من جسم يقترب منا ، واللون فى الضوء يقابل الطبقة ( الدرجة ) فى الصوت ، فيستطيع الفلكى إذن بتقديره تقديرا دقيقا لون الخطوط فى طيف واضح جد الوضوح أن يعرف هل الجسم الذى يصدر عنه هـذا الطيف يقترب منا أو يبتعد عنـا ، كما يستطيع أن يقـدّر سرعة حركته . والسبب الوحيد الذى يضطرنا إلى الظن بأن السدم البعيدة تبتعد عنا هو أن الضوء الذى يصل إلينا منها يظهر أشد حمرة مما يجب أن يكون فى الأحوال العادية .

غير أنه توجد عوامل أخرى غير السرعة تؤثر فى حمرة الضوء ؛ فثقل الشمس يكفى وحده للتأثير فى حمرة ضوئهـا ، وتزداد حمرته أيضا بسبب ضغط جو الشمس ، وكذلك يزيد من حمرته مروره فى جو الأرض ، كالذى نشاهده عند شروق الشمس وغروبها ، وإن كانت هـذه الزيادة تحصل بطريقة تخالف الطريقتين السابقتين . ويحمر الضوء المنبعث من نوع آخر من النجوم بطريقة غامضة لم نفهمها بعد . وفوق هـذا وذاك فان المسافة وحدها ، طبقا لنظرية دى ستر فى الكون ، تكفى لأن تسبب احمرار لون الضوء ، ولذلك تظهر أضواء السدم البعيدة حمراء حمرة غير عادية ، حتى لو كانت هذه السدم ساكنة غير متحركة فى الفضاء . وقد يحملنا هذا على أن نستنتج ،ن هـذه السدم تبتعد عنا . وليس بين هذه الأسباب كلها سبب ، يكفى لتفسير ما يشاهد من حمرة فى ضوء السدم ، غير أن الدكتور زويكى[1]

(1) Dr. Zwicky

وهو أحد المشتغلين فى معهد كليفورنيا[١] قد ارتأى حديثا أن هناك سببا آخر لاحمرار الضوء هو قوة جذب النجوم والسدم للضوء المـار بجوارها، كما يُحدث الجذب نفسه ما يشاهد من انحناء ضوء النجوم فى أثناء كسوف الشمس. وقد أثبتت التجارب التى أجراها كمبتون (انظر ص ٤١) أن الأشعة تنحرف وتحمر أيضا عندما تصطدم بكهارب فى الفضاء . ومن المعروف أن الأشعة تنحرف عندما تتبادل الجذب مع النجوم أو مع غيرها من المواد الأخرى فى الفضاء ، وفى رأى زويكى أن هـذا الانحراف يصحبه احمرار أيضا .

ولاختبار صحة هذا الرأى فحص تن بروجنكيت[٢] عن الضوء المنبعث من مجموعات كرية مختلفة تكاد أبعادها عنا تتساوى ، ولكنها اختيرت بحيث تكون مقادير المواد الجاذبة التى تتخللها مختلفة جد الاختلاف فلاح الضوء المنبعث منها محمرا ؛ ولو أن تمدد الفضاء كان السبب فى هذا الاحمرار لوجب أن يكون واحدا فى المجاميع كلها ، ولكن تحقق أن اللون بعيد جدا عن أن يكون منتظما فى الجميع وأنه قريب التناسب جدا مع مقادير المـواد التى تتخللها ، وهذا هـو ما تتطلبه نظرية زويكى بالضبط . وقد ثبت كذلك أن مقـدار الاحمرار المشاهد يتفق جد الاتفاق مع ما تنبأ به قانون نظرية زويكى . ولمـا كان من الصعب أن نتصور أن المجموعات الكرية التابعة للنظام النجمى فى مجرتنا يمكن أن تبتعد عنـا بنظام واحد ،

---

(١) California Institute

(٢) P. ten Bruggencate هو عالم هولندى وكلمة ten باللغة الهولاندية أداة نسب وهى مثل كلمة von الألمـانية .

فإن هذا يضعف كثيرا من افتراضنا أن السدم الحلزونية تبتعد عنا أيضا، وبخاصة لأن فى نظرية زويكى تفسيرا محتملا لظاهرة احمرار الضوء الذى نشاهده .

وتوجد أدلة أخرى على أن حركات الابتعاد التى نعزوها للسدم قد تكون غير حقيقية ؛ فالضوء الذى ينبعث مثلا من أقرب السدم إلينا ليس أشد حمرة بل أشد زرقة من اللون المعتاد . ولما كان الضوء لا تزيد زرقته إلا إذا كان منبعه يقترب منا ، فان هذه الزرقة تدل على أن أقرب السدم إلينا يتجه فى حركته نحونا . وفوق ذلك فان السرعة الظاهرة التى تتحرك بها السدم لا تتناسب بالضبط مع أبعادها عنا ، فالسدم التى يظن أنها على أبعاد متساوية منا تقدّر بسبعة ملايين من السنين الضوئية ، تنحرف سرعاتها بمتوسط ٢٤٠ ميلا فى الثانية عن سرعة كلية مقدارها ٦٤٠ ميلا فى الثانية .

على أنه إذا صح أن بناء الكون قد حدث بالطريقة التى بسطناها ، وجب أن تكون السدم بوجه عام آخذة من غير شك فى الابتعاد عنا ، وهذا ما تتطلبه الاعتبارات النظرية وما لا ترضى بأقل منه ؛ ولكن هذه الاعتبارات النظرية لا تذكر لنا شيئا عن السرعات التى تتحرك بها السدم . وليست بحوث زويكى وتن بروجنكيت مما يلقى ظلا من الشك على صحة حركاتها الابتعادية . أما الذى تدعو هذه البحوث الى الشك فيه فهو : هل هذه الحركة هى نفسها التى استنبطها الفلكيون من احمرار خطوط أطيافها ؟ وقد يعزى معظم هذا الاحمرار الى الأثر الذى يشير اليه زويكى ، أو الى سبب آخر يماثله ، ولا تبق منه إلا بقية صغيرة ناشئة من حركة

الابتعاد الحقيقية ، وليس من المستطاع قياس سرعة هـذه الحركة ، لأن الأثر الكبير يطغى طغيانا كاملا على الأثر الضئيل .

على أن باب المناقشة فى هذه المسألة لا يزال مفتوحا ، ولكنا إذا سلمنا بأن معظم حركات الابتعاد الظاهرية ليست حقيقية ، فعنـدئذ تسقط حجة الذين يقدّرون للنجوم أعمارا صغيرة ، ونصير فى حل من أن نعزو للنجوم أعمارا طويلة تقدّر بملايين الملايين من السنين، وهى الأعمار التى يلوح أن الأدلة الفلكية العامة تتطلبها .

ويفهم من هذه الشواهد العـامة أن الشمس ظلت بضعة ملايين من السنين تقذف جزءا من كتلتها فى شكل إشعاع بمعدل ٢٥٠ مليونا من الأطنان فى الدقيقة . وقد أثبتت التقديرات المفصلة أن كتلة الشمس فى حداثة تكوينها كانت من غير شك قدر كتلتها الحاضرة أضعافا مضاعفة، وهـذا يطابق ما تثبته الملاحظة من أن كتلة النجوم الحديثة السن أكبر من كتلة النجوم المتقدمة السن مرات كثيرة ، ولكن فى أية صورة استطاعت الشمس أن تختزن كل الكتلة التى فقدتها منذ نشأتها على شكل إشعاع ؟

إن كتلة السكون فى الكهرب أو فى أى جسم مكهرب آخر هى فى العادة أكبر جدا من كتلة طاقته ، ويبلغ مقدار هـذه الكتلة الثانية أقصاه فى درجات الحرارة المرتفعـة ، ودرجة الحرارة عنـد مركز الشمس تبلغ حوالى ٥٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة ، وحتى فى هـذا الجزء منها تكون كتلة السكون هى الكتلة الكلية إلا $\frac{١}{٢٠٠٠٠٠}$ منها . وأكبر الظن أن

حرارة الشمس فى حداثة تكوينها لم تكن أعلى من تلك الدرجة كثيرا ، ولذلك يرجح أن يكون الجزء الأكبر من كتلة الشمس الأولى هو كتلة سكونها . فاذا صح هذا الرأى لم تكن له سوى نتيجة واحدة وهى أن الشمس الأولى كانت تحتوى على عدد من الكهارب والبروتونات، ومن الذرات تبعا لذلك ، يفوق كثيرا ما تحتويه منها الآن ؛ وليس ثمة سوى طريقة واحدة اختفت بها هذه الذرات ، فلا بد أنها قد فنيت وتحولت كتلتها الى كتلة إشعاع أخذت تبعثه الشمس طول عمرها المديد ، الذى يقدر بملايين الملايين من السنين .

وقد يظن أن فى هذا التدليل شيئا من الضعف ، لأنه يتصل بصور فكرية بعيدة كل البعد عن نطاق علم الطبيعة الذى نستمده من معاملنا الأرضية ، ولكن من حسن الحظ أن هذا العلم قد استطاع أخيرا أن يحصل على أدلة تؤكد تأكيدا له قيمته أن فناء المادة يقع بالفعل فى نطاق واسع جدا فى أعماق الفضاء ، وإن تكن هذه الأدلة بعيدة كل البعد عن أن تكون أدلة قاطعة .

ولسنا نتوقع أن نجد الدليل المباشر على حدوث فناء مستمر للمادة فى أعماق النجوم ، لأن الإشعاعات التى تنتجها عملية الإفناء لا تستطيع أن تجتاز إلا مسافات قصيرة قبل أن تمتصها المادة التى تتكون منها النجوم ، فينشأ عن ذلك ارتفاع درجة حرارتها ارتفاعا ينتج عنه طاقة تبعثها النجوم فى النهاية فى شكل ضوء وحرارة من النوع المألوف لنا تماما .

ويدل التحليل الرياضى للحقائق الفلكية على أن عملية إفناء الذرات قد يحتمل أن تكون بطريقة تلقائية ، كالطريقة التلقائية التى تتفكك بها

المواد ذات النشاط الإشعاعى . فإذا صح هـذا الرأى ، فلن تكون العملية مقصورة على الأجزاء الداخليـة الحـارة فى باطن النجوم ، بل وجب أن تحدث حيثما وجدت مادة فلكية بوفرة كافية .

والعملية فى أبسط أشكالها تتلخص فى أن يحدث فناء كهرب و بروتون فى آن واحد . و يمكن أن نوضح الصـورة إذا تخيلنـا أن هذين الجسيمين المكهربين يندفعان معا ، كل منهما نحو الآخر ، بتأثير قوة الجذب المتبادل بينهما ، بسرعة تتزايد باستمرار حتى ينـدمجا فى النهـاية ، فتتعادل حينئـذ شحنتاهما ، وتنطلق طاقتاهما المجتمعتان ، على شكل ومضة واحدة من الإشعاع : هى " ضوءة " من النوع الذى سبق شرحه ( انظر ص ٣٩ )

ولقد عرفنا فيما سـبق ( انظر ص ٥٥ ) كيف أن الكتلة « لا تفنى » عند ما تبعث الذرة إشعاعا ، ذلك بأن الذرة تفقد جزءا معينا من كتلتها ، ولكن هذا الجزء لا يفنى بل تحمله الضوءة وتتكون منه كتلتها ، فاذا أفنى بروتون وكهرب كل منهما الآخر ، فان الضوءة الناتجة عن هـذا الفناء يجب أن تكون لهـا كتلة مساوية لمجمـوع كتلتى البروتون والكهرب اللذين اختفيا . وقد أصبح فى استطاعتنا أن نقدر كتلة البروتون والكهرب بدقة كبيرة ، لأنها تساوى كتلة ذرة الأيدروچين بالضبط . فاذا صح أنه فناء المـادة أمر محقق ، وجب أن يذرع الفضاء عدد جم من الضوءات ، تساوى كتلة الضوءة منها كتلة ذرة الإيدروچين ، ولابد أن يسقط على الأرض بعض هذه الضوءات .

وقد يكون ثمة نوع آخر من الضوءات أكبر كتلة من هـذه الضوءات التى وصفناها هنا ، لأننا نستطيع أن نتصور إفناء أى نوع من أنواع الذرات إفناء بجائيا ، يطلق بسببه كل طاقته فى شكل ضوءة كتلتها مساوية لكتلة الذرة كلها . ومن بين الاحتمالات الممكنة احتمال يستحق عناية خاصة، ذلك أننـا وإن كنا نعتقد أن المـادة فى النهـاية تتكوّن من پروتونات وكهارب، فانه يوجد تكوين متضام ومتماسك مكوّن من أربعة پروتونات وكهربين ، وهو تكوين يمكن أن يعدّ وحدة جديدة مستقلة. وهذا التكوين مشاهد بوضوح فى الإشعاع المنبعث عن المواد ذات النشاط الإشعاعى ، ويعرف عادة باسم جسيم ألفا . وتتكوّن ذرة الهليوم ، وهى أبسط ذرة بعـد ذرة الأيدروچين ، من جسيم واحد من جسيمات ألفا ومن كهربين يدوران حولها . ولمـا كان بجسيم ألفا من الكهرباء بقـدر ما فى اثنين من البروتونات ، فإن إفناءه قد يتم باندماجه مع كهربين ، وفى هـذه الحالة تكون كتلة الضوءة الناتجة مثل كتلة ذرة الهليوم .

وتكون كتلة كل ضوءة من هذين النوعين كبيرة جدا لدرجة لا تقاس بها كتلة ضوءة أى نوع من أنواع الإشعاع العادى ، ولذلك يجب أن يكون من السهل التعرف عليها على الفور . ويمكن تشـبيه الضوءات برصاصات تتحرك بسرعة منتظمة ، هى سرعة الضوء. فاذا أطلق عدد من الرصاصات من بندقية بسرعة واحدة فان أكبر الرصاصات كتلة تكون أقدر من غيرها على التدمير كما تكون أقدر من غيرها على النفاذ . وهذا يحدث بالضبط لطائفة من الضوءات المختلفة النوع ، فالضوءات ذات الكتل الكبيرة تكون أقدر من غيرها على النفاذ . ويوجد قانون رياضى يساعدنا على تقدير قوة

نفاذ الضوءة اذا عرفنا كتلتها ؛ ومنه نعرف أن الضوءات التى تساوى كتلتها كتلة ذرة الأيدروجين أو ذرة الهليوم ذات قدرة على النفاذ هائلة .

تحدثنا فيما سبق عن قوة النفاذ العظيمة التى تمتاز بها أشعة تسمى عادة " الأشعة الكونية " تسقط على الأرض من الفضاء الخارجى ، وتستطيع أن تخترق عدة ياردات من معدن الرصاص . وقد ظلت هذه الأشعة الكونية زمنا طويلا لا يعرف أهى أشعة حقة أم تتكون من سيل من الكهارب ؛ وبقى الوجه الأول أكثر احتمالا على الدوام ، لأنها لو كانت كهارب لوجب أن تتحرك بطاقة عظيمة لا يكاد يتصورها العقل ، كى تستطيع أن تشق طريقها خلال عدة ياردات من معدن الرصاص قبل أن تضطر إلى السكون.

ويلوح الآن أن المسألة قد حلت ، فان وابلا من الكهارب عند ما يسقط على الأرض من الفضاء الخارجى يتعثر فى مجال الأرض المغنطيسى تعثرا يؤثر فى حركته . فلو أن الكهارب كانت تتحرك بسرعة تكفى لأن تكسبها قوة النفاذ التى نعرفها عن الأشعة الكونية لانحرف سيلها كله تقريبا عن طريقه ، ووقع على الأرض بالقرب من أحد قطبيها المغنطيسيين ، كما تدل على ذلك التقديرات الحسابية . ولكن الأشعة الكونية لا تقع على القطبين دون غيرهما من بقاع الأرض ، فقد قام علماء مختلفون بأبحاث فى أماكن مختلفة على سطح الأرض ، فوجدوا أن شدة هذا الإشعاع واحدة فى كل مكان ؛ مثال ذلك أن بعثة بريطانيا وأستراليا ونيوزيلنده [1] التى تعمل فى المنطقة الجامدة الجنوبية قد وجدت أن شدته واحدة فى منطقة تنتشر

(1) The British Australian and New Zealand Antarctic Expedition.

حول القطب الجنوبى المغنطيسى للأرض على بعد ٢٥٠ ميلا منه ؛ وقد وصل إلى هذه النتيجة نفسها راصدون آخرون فى مناطق أخرى بعيدة عن القطبين . وهذا يبرر اعتقادنا الأكيد بأن "الأشعة الكونية" أشعة حقيقية، وأنها ليست مجرد وابل من الكهارب ؛ ومن هذا نستطيع باستخدام القانون السالف الذكر أن نحسب كتلة ضوءات هذه الأشعة ، اذا عرفنا قوة نفاذها التى يمكن رصدها .

وقد درست قوة النفاذ لهذه الأشعة بعناية فائقة ومهارة بالغة ، وقام بذلك الأستاذ مليكان [١] وزملاؤه فى باسادنا [٢] والأستاذ رجنر [٣] من مدينة ستتجارت [٤] وكثيرون غيرهم ، فوجدوا كلهم أن الأشعة المذكورة خليط من عدة مكونات لها قدرة على النفاذ مختلفة ، أو خليط من ضوءات ذات كتل مختلفة ، وكلا التعبيرين يعنى ما يعنيه الآخر . ومن الأمور العظيمة الدلالة أن المكونين اللذين لهما أكبر قدرة على النفاذ يتركبان من ضوءات ، وأن كتلة الضوءة من أحدهما تساوى كتلة ذرة الهليوم ، وكتلة الضوءة من ثانيهما تساوى كتلة ذرة الأيدروجين ؛ حسبما وصل إليه علمنا . ومعنى هذا أنهما من نوع الضوءات التى نتوقع أن نجدها لو أن البروتونات وجسيمات ألفا كانت تفنى فى مكان ما فى أعماق الفضاء البعيدة، بحيث تفنى الأولى مع ما يلزم لها من الكهارب المفردة لتبطل أثر شحناتها، وتفنى الثانية مع ما يلزم لها من أزواج الكهارب لتبطل أثر شحناتها أيضا .

(١) Prof. R.A. Millikan.

(٢) Pasadena.

(٣) Prof. E. Regener.

(٤) Stuttgart.

ويجب أن نذكر هنا أنه لا يمكن قياس كل الضوءات بدقة تامة ، ولذلك لا نستطيع أن نقول عن ثقة إن مقادير هذه الكتل تطابق بالضبط المقادير التي نتوقعها بعد عملية الفناء الذي أشرنا إليه ، ولكن تطابقها يقع في حدود ما تسمح به المشاهدات الصحيحة ، فهو في كل حالة يتفق معها في حدود ٥ ./ من الخطأ ؛ وليس من الميسور قياس قدرة نفاذ إشعاع لأقرب من هذه النسبة من الصحة . على أن هذا التطابق يبلغ حدا من الإتقان لا يجوز معه إغفاله بحجة أنه مجرد اتفاق عارض ، ولذلك يحتمل جدا أن يكون منشأ هذا الإشعاع فناء البروتونات والكهارب فناء فعليا .

على أن الأمر لم يخرج بعد من دائرة الجدل العلمي ، ولم يصبح الرأي الذي أوضحته الآن مسلما به من جميع علماء الطبيعة . فالأستاذ مليكان بوجه خاص يقول إن منشأ الأشعة الكونية قد يكون عملية بناء الذرات الثقيلة من ذرات خفيفة أبسط منها ، ويتخذ من ذلك دليلا على "أن الخالق لا يزال مجدا في عمله" . ولنشرح هنا أبسط الحالات فنقول إن ذرة الهليوم تحتوي على مكونات أربع ذرات من الأيدروچين بالضبط — أي أربعة كهارب وأربعة پروتونات — ولكن كتلة ذرة الهليوم لا تساوي غير كتلة ٣,٩٧ من ذرات الأيدروچين ، وقياسا على هذا ، اذا اندمجت أربع ذرات أيدروچين بطريقة ما لتتكون منها ذرة هليوم ، فإن الكتلة الزائدة وهي كتلة ٠,٠٣ من ذرة الأيدروچين تتحول الى إشعاع يجوز أن ينطلق في صورة ضوءة كتلتها ٣ ./ من كتلة ذرة الأيدروچين . غير أننا غير واثقين من انطلاق هذه الضوءة ، لأنه إذا صح أن تتحد أربع ذرات من ذرات الأيدروچين لتتكون منها ذرة من الهليوم فإن المحتمل أن يحدث هذا على

خطوات متعددة ، فينطلق عدد من الضوءات الصغيرة المتعاقبة ، بدلا من أن تنطلق ضوءة واحدة كبيرة . على أنه حتى إذا فرض أن الطاقة المتحررة كلها قد كونت ضوءة واحدة كبيرة فان قدرة نفاذها تكون أقل من قدرة نفاذ الأشعة الكونية التى نعرفها . أما إذا اجتمعت ١٢٩ ذرة من ذرات الأيدروچين ، وكونت ذرة واحدة من الزينون نتيجة لاضطراب هائل كبير فان كتلة الضوءة الواحدة التى تنبعث من هذه العملية تكون مثل كتلة ذرة الأيدروچين تقريبا ، ويكون لها من قوة النفاذ مايقرب من قوة نفاذ المكون الثانى من مكونات الأشعة الكونية التى نعرفها ، وهو الذى يلى المكون الأول فى شدة نفاذه . وعلى أساس هذا الرأى فى أصل الإشعاع المذكور يمكن تفسير منشأ المكونات الأقل قدرة على النفاذ ، تفسيرا طبيعيا سهلا بأنها ناتجة من عمليات تركيب الذرات الأقل تعقيدا فى تركيبها من الزينون . لكن أقدر مكونات الإشعاع كلها على النفاذ تخلق مشكلة تحوطها صعاب عظيمة لا يمكن التغلب عليها؛ ذلك أنه إذا كانت ضوءاته ناتجة من اندماج عدة ذرات من الأيدروچين لتتكون منها ذرة واحدة كبيرة ، فلا بد من أن يكون الوزن الذرى لهذه الذرة الواحدة قريبا من ٥٠٠ ، وهذا أمر يلوح أنه خارج عن نطاق جميع حدود الاحتمال ، كما يلوح أيضا أنه لا يحتمل أن ينتج ثانى المكونين قدرة على النفاذ من تركيب ذرات الزينون أو ذرات أى عنصر آخر له مثل وزنه الذرى ، لأن مثل هذه الذرات كلها نادرة الوجود جدا . ومهما يكن منشأ المكونات القليلة النفاذ ، فإنى أعتقد أنه ليس من الميسور أن نعزو منشأ المكونين الأشد نفاذا إلى سبب آخر غير فناء المادة ينال حظا وافرا من القبول .

ومقدار ما يصل إلى الأرض من هذا الإشعاع عظيم جدا ، قدره مليكان وكمرون[1] بما يقرب من عشر ما يصدر من نجوم السماء جميعها ماعدا الشمس بطبيعة الحال . وما من شك فى أن مقدار الإشعاع الشديد النفاذ الموجود فى أعماق الفضاء السحيقة فيما وراء المجرة موفور كمقداره على سطح الأرض تقريبا ؛ ولكن ضوء النجوم هناك أقل وفرة من هذا الإشعاع ، ولذلك يكون هذا الإشعاع القوى هو على الأرجح أكثر أنواع الإشعاع كلها وجودا إذا أخذ متوسطها فى الفضاء بجملته .

ويعزى سبب وجود هذا الإشعاع بمقادير كبيرة إلى قدرته العظيمة على النفاذ . وتكاد هذه القدرة تحبوه بميزة الخلود ، حتى لتستطيع حزمة منه أن تسير فى الفضاء ملايين الملايين من السنين دون أن تقابل من المادة ما يمتص منها قدرا محسوسا ؛ ولهذا يجب أن ننظر إلى الفضاء على أنه مشبع بجميع مقادير الإشعاع التى أخذت تتكون فيه منذ خلق العالم ، وتصل إلينا أشعته كأنها رسل ليست قادمة من أعماق الفضاء السحيقة فحسب ، بل من أعماق الزمن السحيقة أيضا . فاذا قرأنا رسالتها على الوجه الصحيح خيل إلينا أنها تخبرنا بأن فى منطقة من المناطق السحيقة ، وفى فترة من فترات الزمن من تاريخ الكون ، قد فنى جزء من المادة ولم يكن فناؤه بمقادير صغيرة ، بل بمقادير هائلة مروعة .

وإذا أخذنا بالدليل الفلكى فى تقدير أعمار النجوم ، وبالدليل الطبيعى على شدة قوة الإشعاع النفاذية ، على اعتبار أنهما يقرران معا أن المادة

(1) G. H. Cameron

يمكن إفناؤها حقيقة ، أو على الأصح تحويلها إلى إشعاع ، فإن هذا التحويل يصبح إحدى العمليات الأساسية فى الكون ، وتنبذ عندئذ فكرة عدم فناء المادة نبذا تاما من نطاق العلم ، وتصبح فكرة عدم فناء الكتلة وعدم فناء الطاقة شيئا واحدا . وعلى هذا تستحيل قوانين عدم الفناء الثلاثة الكبرى : عدم فناء المادة ، وعدم فناء الكتلة ، وعدم فناء الطاقة — إلى قانون واحد ، هو أن ثمة جوهرا أساسيا بسيطا يتشكل بصور مختلفة أخصها المادة والإشعاع ، وأن هذا الجوهر لا يفنى مهما تعددت التغيرات ، ويتكون من مجموع هذا الجوهر جميع ما فى الكون من نشاط لا يتغير مجموعه الكلى ولكنه يغير دائما من خاصته ؛ ويلوح أن هذا التغير هو العملية الأساسية التى تحدث فى الكون الذى يؤلف موطننا المادى . ويلوح لى أن كل ما لدينا من شواهد يدل على أن هذا التغيير يتجه دائما فى اتجاه واحد اذا استثنينا حالات قليلة غير هامة ، فالأجسام الصلبة دائبة التحول إلى إشعاعات غير مادية ، والملموس دائم التحول إلى شىء غير ملموس .

وقد بحثنا هذه الآراء بحثا مستفيضا إلى حد ما ، لأنها كما يتضح للقارئ ذات علاقة خاصة بتركيب الكون الأساسى ؛ فقد مر بنا فى الفصل السابق كيف أرجعت الميكانيكا الموجية الكون كله إلى مجموعات من الموجات ، وكيف أن الكهارب والبروتونات تتكون من نوع واحد من الموجات ، وكيف أن الإشعاع يتركب من موجات من نوع آخر . ويشير البحث الذى أثبتناه فى هذا الفصل الى أن المادة والإشعاع قد لا يكونان نوعين منفصلين من الموجات لا يستطيع أحدهما أن يتحول إلى النوع الآخر ، بل يجوز أن يحدث هذا التحول بين النوعين ، فيتحول أحدهما إلى الآخر كما تتحول

الشرنقة إلى فراشة . ويمكن أن يضاف إلى ماتقدم ما قد يرى بعض العلماء أنه لا بد من إضافته وهو "وكما نستطيع أن نتصور الفراشة تعود فتتحول إلى الشرنقة" وسيمر بنا هذا القول فيما بعد ( انظر ص ١٦٥ ) .

وليس معنى هذا بطبيعة الحال أن المادة والإشعاع شئ واحد ، بل إن القول بأن المادة تتحول إلى إشعاع لا يزال له بعض الدلالة ، وإن كانت الفكرة تلوح الآن أقل ثورية مما كانت عندما عرضتها منذ ستة وعشرين عاما ، وليس من السهل أن نشرح الموقف كما هو الآن شرحا دقيقا بلغة غير فنية ، حتى لو كنا نعرف جميع الحقائق الخاصة به معرفة تامة دقيقة ، وهو ماليس فى مقدورنا الآن؛ ولكننا قد نقرب من الحقيقة بعض القرب إذا تصورنا أن المادة والإشعاع نوعان من الموجات : نوع دائم الدوران فى دوائر ، ونوع ينتقل فى خطوط مستقيمة ، وتنتقل الموجات الثانية بطبيعة الحال بسرعة الضوء ، ولكن الموجات التى تتكون منها المادة تنتقل بسرعة أبطأ منها ؛ ويرى مُشَرَّفَة وآخرون أن هذا قد يكون كل ما بين المادة والإشعاع من فروق ، فليست المادة فى رأيهم سوى نوع من الإشعاع المتجمد ينتقل بسرعة أقل من سرعته العادية . وقد رأينا فيما تقدم(انظر ص٤٦) كيف يقف طول موجة جسيم متحرك على مقدار سرعته ، وكيف يكون طول موجة جسيم يتحرك بسرعة الضوء مساويا بالضبط لطول موجة ضوءة تساوى كتلتها كتلة الجسيم المتحرك ؛ وهذه الحقيقة الهامة إذا أضيفت إلى الحقائق الأخرى تقربنا كثيرا من الرأى القائل بأنه قد يثبت فى النهاية أن ليس الإشعاع إلا مادة تتحرك بسرعة الضوء ، وأن ليست المادة إلا إشعاعا

يتحرك بسرعة أقل من سرعة الضوء ؛ ولكن العلم لا يزال بعيدا كل البعد عن أن يقول كلمته القاطعة فى هذا الموضوع .

وخلاصة هذا الفصل والفصل الذى قبله أن الطبيعة الحديثة تتجه نحو رد مادة الكون كلها إلى موجات ولا شىء غير الموجات ، وأن هذه الموجات نوعان : موجات معبأة أو حبيسة نسميها المادة ، وموجات غير معبأة أو طليقة نسميها إشعاعا أو ضوءا . وليست عملية إفناء المادة إلا مجرد الإفراج عن الطاقة الموجية الحبيسة و إطلاقها حرة تسبح فى الفضاء ؛ وهذه الآراء تُرجع الكون كله إلى عالم من الإشعاع ، بعضه كامن موجود بالقوة ، و بعضه ظاهر موجود بالفعل ، ولم يعد يدعو إلى العجب القول بأن الجسيمات الأساسية التى تتكوّن منها المادة يظهر لها كثير من خواص الموجات .

# الفصل الرابع

## النسبية والأثير

رأينا أن علم الطبيعة الحديث يرد الكون كله إلى مجموعات من الموجات، فاذا تعذر علينا أن نتصور هذه الموجات الا اذا انتقلت فى وسط مادى ، فلنقل إنها موجات تنتقل فى أثيرواحد أو عدة أثيرات . وأظن أن المرحوم اللورد سلسبرى (١) هو الذى عرّف الأثير بأنه فاعل الفعل "تموّج" (٢). فإذا قنعنا بهذا التعريف مؤقتا أجزنا وجود الأثير دون أن نحمل أنفسنا شططا فى فهم طبيعته ،وكذلك يسهل علينا أن نلخص اتجاهات علم الطبيعة الحديث فى عبارة موجزة وهى : أن علم الطبيعة الحديث يعدّ الكون عالما أو جملة من العوالم الأثيرية ، ومن ثم يجدر بنا أن نزيد من عنايتنا بتعرف الخواص الطبيعية لهذه الأثيرات المتعددة ، لأن طبيعة الكون على حقيقتها تكمن فيها .

وقد يجمل بنا أن نثبت هنا نتيجة بحثنا مقدما . و إلى القارئ هذه النتيجة فى إيجاز : أكبر الظن أن الأثيرات وتموجاتها ، أى الموجات التى يتألف منها الكون ، إنما هى من نسج الخيال . وليس المقصود من هذا القول أنه لا وجود لها على الإطلاق ، بل إن لها وجودا فى أذهاننا ،و إلا لما

(١) Lord Salisbury

(٢) The nominative of the verb "to undulate"

كنا نبحث فيها الآن . ولأجل أن تكون لهـذه الفكرة أو لغيرها من الأفكار وجود فى عقولنا يجب أن يكون هناك شيء فى خارج عقولنا يدعو إلى وجودها فيها ، وفى وسعنا أن نخلع على هذا الشيء ولو مؤقتا اسم "الحقيقة" ، وهذه الحقيقة هى التى يعنى العـلم بدرسها . ولكننا سوف نجـد أن هذه الحقيقة تختلف كل الاختلاف عما كان يفهمه علماء الطبيعة منذ خمسين عاما عن الأثير والتموجات والموجات ؛ ولو أننا أخذنا بأقيستهم واستعرنا لغتهم مؤقتا لحكمنا بأن الأثيرات وموجاتها ليست من الحقائق فى شيء . ولكننا اذا تدبرنا جميع الحقائق التى لنا بها علم أو خبرة ، وجدنا الأثيرات وموجاتها أصدقها وأثبتها وجودا ، فهى لذلك حقائق بقدر ما ينطبق هذا الوصف فى نظرنا على غيرها من الأشياء .

ولقد دخلت فكرة الأثير نطاق العـلم منذ قرنين من الزمان أو أكثر ؛ ذلك بأنه لمـا عجز ما كان معروفا من خواص المـادة الكثيفة عن تفسير ظاهرة من الظواهر الطبيعية ، ذلل العلماء ما اعترضهم من صعاب بأن فرضوا وجود أثير يتخلل الكون بأسره ، وأضافوا إليه الخواص اللازمة لتفسير هذه الظاهرة ، وكان هناك مايدعوهم بنوع خاص إلى أن ينحوا هذا النحو فى المسائل التى تتطلب استخدام ظاهرة "التأثير عن بعد" . ذلك بأن القول بأن المـادة لا تعمل إلا حيث توجد ، وأنها لا يمكن أن تعمل حيث لا توجد ، يبدو فى ظاهره قولا صحيحا سليما ، يصعب على من يقرر عكسه أن يحمل معظم زملائه على أن يأخذوا برأيه . ولقد بلغ من أمر ديكارت [١]

(١) Descartes

أن قال بأن مجرد وجود الأجسام على مسافات بينها برهان كاف على وجود وسط يتخللها .

ولذلك صار من الصعب على العلماء أن يتجنبوا الالتجاء إلى أثير شامل، حين لا يكون ثمة وسط مادى كثيف ينقل الأثر الآلى ، كأثر مغنطيس فى قضيب من الصلب، أو أثر الأرض فى تفاحة ساقطة . وبذلك غزت العلم فكرة الأثير وتسلطت على تفكير العلماء، فحق بذلك قول مكسويل "اخترعت الأثيرات لتسبح فيها الكواكب ، ولتتكون منها جواء كهربائية ومجالات مغنطيسية ، ولتنقل الأحاسيس من جزء من جسمنا إلى جزء آخر ، حتى صار ما امتلأ به الفضاء من أثير أكثر مما يتسع له عدة مرات"، وتعددت أنواع الأثير فى النهاية بقدر ما فى الطبيعة من معضلات مستعصية على الحل .

على أنه لم يقو على البقاء فى نطاق التفكير العلمى الجدّى منذ خمسين عاما سوى نوع واحد من الأثير، هو ذلك الأثير الحامل للضوء والذى ظن أنه ينقل الإشعاع ؛ وجاء هيجنز [1] وتوماس ينج وفاراداى ومكسويل فزاد كل منهم إيضاح الخواص التى تلزم للأثير حتى يقوم بهذا العمل ؛ فتصوروه بحرا شبيها فى تركيبه بالهلام، تستطيع الموجات أن تسير فيه كما تسير الاهتزازات والتموجات فى الهلام نفسه ؛ ولم تكن هذه الأمواج سوى الإشعاع الذى نعرف الآن أنه يتخذ لنفسه شكلا من أشكال عدة : هى الضوء والحرارة والأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية والموجات الكهربائية المغنطيسية والأشعة السينية وأشعة جاما والأشعة الكونية .

---

(1) C. Huyghens

وتثبت ظاهرة "الزيغ الضوئى" الفلكية وعدّة ظواهر غيرها أنه إذا كان الأثير موجودا حقا فلا بد أن تمر فيــه الأرض وغيرها من الأجسام المتحركة دون أن تحدث فيه اضطرابا . وهذا معناه أننا اذا اتخذنا الأرض مكانا نرصد منه الظواهر وجب أن يمر الأثير فى بخاج الأرض وغيرها من الأجسام الصلبة من غير أن يعوقه عائق ، كما تمر "الريح خلال أشجــار أجمة" إذا جاز لنا أن نستعير تشبيه تومس ينج ، وهو تشبيه مشهور و إن يكن ناقصا، ونقول ناقصا لأن الريح فى واقع الأمر تؤثر فى الأشجار ، فإن فى حركات أوراقها وأفنانها وفروعها مايدل على شدة الريح. أما الحركة خلال الأثير فان فى مقدورنا أن نثبت أنهـا لاتستطيع أن تحدث أى اضطراب مهما قل فى الأجسام الصلبة التى تكون ساكنة على الأرض ، أو أن تؤثر فى حركاتها إن كانت متحركة، فليس ثمة حاجة تدعونا إلى أن نضيف مقاومة الأثير إلى مقاومة الهواء عنــد ما نبحث فيما يعوق السيارة عن السير بسرعة أكبر .

ومعنى هــذا أنه إذا كان ثمة أثير ، فسيان أن تهب ريحه علينا بسرعة ميل واحد أو بسرعة ألف ميل فى الساعة ، وهذا يطابق نظرية ديناميكية بسطها نيوتن فى كتابه البرنكيبيا بقوله :

نتيجة ٥ : "إن حركات الأجسام فى فضاء معين واحدة لا تتغير بعضها بالنسبة إلى بعض سواء كان هذا الفضاء ساكنا أو متحركا بحركة منتظمة فى اتجاه مستقيم ولا تصحبها أية حركة دائرية ."

ثم يقول نيوتن :

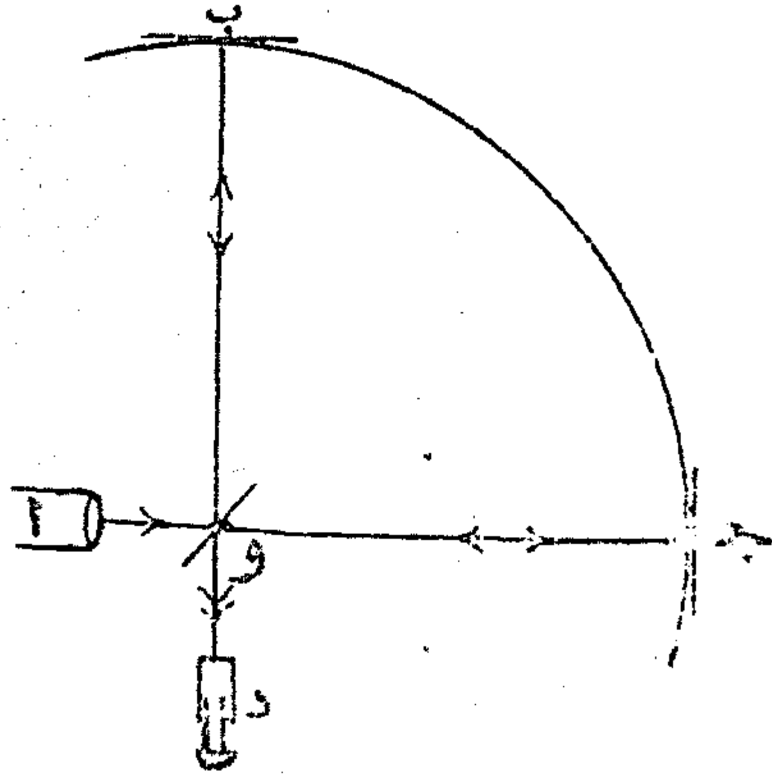
”ونجد البرهان على ذلك واضحا فيما يحدث على ظهر سفينة ، حيث تجرى كل الحركات على نسق واحد ، سواء كانت السفينة ساكنة أو سائرة بانتظام فى خط مستقيم . “

وهذه القاعدة العامة تثبت أنه لا يمكن بحال مّا أن تكشف أية تجربة عن سرعة سفينة تسير فى بحر هادئ ، إذا أجريت التجربة فى السفينة نفسها ولم تتعد حدودها إلى شىء سواها . والحق أن من المشاهدات العادية أننا لا نستطيع ، إذا كان الجو هادئا ، أن نعرف الاتجاه الذى تسير فيه سفينة من غير أن ننظر إلى البحر نفسه .

ولو كان لريح الأثير أى أثر فى الأجسام الأرضية لدل الاضطراب الذى تحدثه هذه الريح فيها على سرعة هبوبها ، كما تدل حركات أفنان الأشجار على سرعة هبوب الريح العادية ؛ أما والأمر غير ذلك ، فلا بد من أن نلجأ إلى استخدام طرق أخرى .

ومع أن المسافر فى البحر لا يستطيع أن يعين سرعة سفينة إذا قصر ملاحظاته عليها ، فإن فى استطاعته أن يقدر السرعة إذا سمح له أن يراقب البحر أيضا ؛ فاذا أسقط فى البحر خيطا بطرفه مسبار من الرصاص انتشرت مويجة دائرية على سطح الماء ؛ وكل ملاح يعلم أن نقطة ملتقى الخيط بالماء لا تبقى ثابتة فى مركز الدائرة بل يبقى مركز الدائرة حيث هو فى الماء وتتحرك نقطة الملتقى إلى الأمام ، لأن السفينة تسحبها معها فتبعد هذه النقطة عن مركز الدائرة بسرعة تكشف عن سرعة السفينة نفسها .

وإذا كانت الأرض تشق طريقها في بحر من الأثير، فإن تجربة تبنى على مثل ما تقدم من الأسس يجب أن تكشف عن سرعة حركتها. ولقد وضعت لهذا الغرض نفسه تجربة ميكلسن [١] ومورلى [٢] الشهيرة، فكانت الأرض فى هذه التجربة هى السفينة، وكان معمل جامعة كليفلند فى أهيو [٣] هو نقطة دخول رصاص المسبار فى البحر، واستعيض عن




(شكل ١) رسم يوضح تجربة ميكلسن ومورلى (Michelson-Morley Experiment): يوجه الضوء من مصدره (أ) إلى المرآة (و) المغطاة لنصفها بالفضة، وبذلك ينعكس نصف الضوء فى اتجاه الخط و ب، ويستمر النصف الباقى فى اتجاه و جـ، الذى يساوى و ب طولا، وهو نحو ١٢ ياردة. وعند (ب)، (جـ) توجد مرآتان تعكسان الضوء إلى و، ثم يمر نصف كل شعاع من الشعاعين فى منظار مكبر صغير د، ثم يوازن مقدار الزمن الذى يتأخره أحد الشعاعين عن الآخر بمقدار زمن التأخر الذى يحدث عند ما يدار الجهاز كله زاوية قدرها ٩٠°، وهذه العملية تزيل أى خطأ يتسبب عما قد يكون بين و ب، و جـ من اختلاف ضئيل جدا فى الطول.

(١) A. A. Michelson (٢) E. W. Morley

(٣) University of Cleveland (Ohio)

سقوط رصاص المسبار بانبعاث إشارة ضوئية ، على فرض أن الموجات الضوئية التي تتكون منها الإشارة تسبب المويجات فى بحر الأثير .

وليس من المستطاع أن يرصد انتشار المويجات بطريقة مباشرة ، غير أنه يمكن الحصول على معلومات كثيرة إذا ركبت عدة مرايا تعكس الإشارة إلى الموضع الذى أرسلت منه ؛ وبهذه الطريقة أمكن أن يعين الزمن الذى استغرقه الضوء فى اجتياز المسافة ذهابا وإيابا . فلو كانت الأرض ساكنة فى الأثير لكان الزمن اللازم لقطع مسافة معينة مرتين ثابتا على الدوام مهما كان اتجاهها فى الفضاء ، أما إذا كانت الأرض تتحرك فى بحر من الأثير متجهة نحو الشرق فان من السهل أن نرى أن الضوء إذا قطع مسافة مرتين ، ولكن من الشرق إلى الغرب أولا ثم من الغرب إلى الشرق ثانيا ، يجب أن يستغرق فى ذلك وقتا أطول قليلا مما يستغرقه إذا قطع المسافة نفسها من الشمال إلى الجنوب ثم من الجنوب الى الشمال . وليس فى هذه المسألة من المبادئ الغامضة أكثر مما تتضمنه مشاهداتنا فى تجاربنا العادية من أن الوقت الذى يقطع فيه قارب ١٠٠ ياردة بالتجديف ضد التيار ، و ١٠٠ ياردة بالتجديف فى اتجاه التيار ، أطول مما يتطلبه قطع مسافة قدرها ٢٠٠ ياردة عابرا التيار ؛ ففى الحالة الأولى نبطئ فى سيرنا ضد التيار ، ونسرع فى سيرنا مع التيار ، ولكن الوقت الذى نكسبه بالتجديف مع التيار لا يعوض الوقت الذى نخسره بالتجديف ضد التيار . وإذا بدأ بحاران يجدفان فى وقت واحد وبسرعة واحدة ليقطعا الشوطين ، فان البحار الذى يجدف عابرا التيار ينتهى من الشوط مبكرا ، ويكشف الفرق بين وقتى وصولهما عن سرعة التيار ، وكان المتوقع أنه بهذه الطريقة عينها سيكشف الفرق بين الزمنين

اللذين يقطع فيهما شعاعا الضوء المسافتين فى تجربة ميكلسن ومورلى عن سرعة تحرك الأرض فى الأثير .

وعلى الرغم من أن التجربة أجريت عدة مرات فانه لم يظهر أى فرق بين الزمنين ،وكانت نتيجة التجربة التى أجريت على أساس الفرض القائل بأن الأرض يحوطها بحر من الأثير أن بدت سرعة الأرض فى هـذا البحر الأثيرى معدومة ، ودلت جميع المظاهر على أن الأرض ساكنة على الدوام فى الأثير،وأن الشمس وسائر أجزاء الكون يدور حولها،وبدا أن نتائج هذه التجارب سوف ترجع بنـا إلى القول بأن الأرض مركز العـالم ، كما كان يقال قبـل عصر كبرنيق [1] ، وهذا ما لا يمكن التسليم بأنه تفسير صحيح لنتائج هذه التجارب ،لأن المعروف أن الأرض تدور حول الشمس بسرعة تقرب من ٢٠ ميلا فى الثانية ، وتؤيد ذلك تجارب بلغت من الدقة حدًا يستطاع معه قياس جزء من مائة جزء من هذه السرعة .

لذلك اقترح فتزجرالد [2] فى عام ١٨٩٣ ولورنتز [3] فى عام ١٨٩٥ ، كلاهما على انفراد ، حلا آخر لهـذه المشكلة . وكان المجربون قبلهما قد جعلوا شعاعين من الضوء يبـدآن معا ، ليجتازا مسافتين متساويتين ذهابا وإيابا . ولا يغـير شيئا من جوهر التجربة أن نتصور أنهم استخدموا فى قياس المسافتين أو الموازنة بينهما قضبانا للقياس عادية كالمسـاطر من ذات القدم الواحدة إذا شئنا ، لكن فتزجرالد ولورنتز يسألان : كيف عرف أن قضبان القياس أو أن المسافات المقيسة بهـا قد احتفظت بأطوالهـا

(1) Copernicus
(2) G. F. Fitzgerald
(3) H. A. Lorentz

كما هى عند ما كانت تتحرك فى بحر الأثير، ولم يكن شأنها فى ذلك شأن السفينة فى البحر والسيارة فى البر ؛ فالبحر يضغط على مقدمة السفينة وهى تسير فيه، فيتسبب عن ضغطه نقص فى طولها ، وقد يكون نقصا ضئيلا لا يتجاوز كسرا من البوصة ، فكأنما السفينة قد انكمشت من أثر ضغطين : ضغط البحر الذى يحاول أن يدفع مقدمتها إلى الخلف، وضغط المحرك الذى يريد أن يدفع مؤخرتها إلى الأمام . وكذلك الحال عند ماتسير السيارة فى الهواء ، فإنها تنكمش من أثر الضغط الذى يحدثه الهواء على حاجب الهواء الأمامى ، محاولا أن يدفعها إلى الخلف، ومن دفع العجلات الخلفية التى تحاول دفعها إلى الأمام ؛ فإذا كان الجهاز الذى استخدمه ميكلسن ومورلى ينكمش بنفس الطريقة فان المسافة التى يقطعها الضوء ذهابا وإيابا فى اتجاه حركة الأرض تكون دائما أقصر من المسافة التى يقطعها فى اتجاه عمودى على ذلك الاتجاه الأول . وهذا الانكماش الذى يحدث فى طول المسافة المذكورة قد يقلل من أثر العوائق الأخرى التى يلاقيها الضوء أثناء رحلته فى اتجاه حركة الأرض ذهابا وإيابا. ولو أن الانكماش كان بالقدر الواجب بالضبط لعوض أثر هذه العوائق كلها تعويضا تاما ، ولاستغرق الضوء فى قطعه المسافة فى اتجاه سير السفينة وفى الاتجاه العمودى عليه زمنا واحدا بالضبط ؛ وقد رأى فتزجرالد ولورنتز فى هذا ما يصح أن يكون تعليلا لما أسفرت عنه التجربة من تعادل .

ولم تكن هذه الفكرة خيالية أو فرضية محضة ، فقد أثبت لورنتز بعد ذلك بقليل أن نظرية الكهربائية الديناميكية التى كانت شائعة فى ذلك الوقت تتطلب حدوث هذا التقاص بالذات . ومع أن التقاص فى هذه الحالة لا يشبه كل

الشبه تقلصات السفن والسيارات ، فإنه يعطى فكرة لا بأس بها عما يحدث فى هذه الظاهرة . وقد أوضح لورنتز فعلا أنه إذا كانت المادة فى تركيبها كهربائية محضة وليس فيها إلا جسيمات مشحونة بالكهرباء فإن حركة الجسيمات فى الأثير تجعلها تعيد تنظيم مواضعها ، ولا يمكن أن تعود إلى سكونها بعضها بالنسبة إلى بعض إلا بعد أن ينكمش الجسم بمقدار معين يمكن تقديره . وقد ثبت أن هذا المقدار هو بالضبط المقدار الذى كان سببا فى التعادل الذى أسفرت عنه تجربة ميكلسن ومورلى .

ولم توضح هذه الفكرة سبب فشل تجربة ميكلسن ومورلى توضيحا وافيا تاما فحسب ، بل أوضحت أيضا أن كل مقياس مادى لا بد أن ينكمش بقدر ما يكفى بالضبط لإخفاء حركة الأرض فى الأثير ، ولذلك كان الفشل مقدرا لكل تجربة من هذا القبيل قبل إجرائها . غير أنه توجد أنواع أخرى من مقاييس الطول يعرفها العلم ، فأشعة الضوء والقوى الكهربائية وغيرها يمكن أن تستخدم فى قياس الأبعاد من نقطة إلى أخرى ، وبذلك يمكن أن تتخذ وسيلة لقياس المسافات . ولهذا رئى أن المقاييس الضوئية والكهربائية قد تنجح حيث فشلت المقاييس المادية ؛ وقد بذلت لهذا الغرض محاولات عدة بأشكال مختلفة ، ومن أسماء المبرزين الذين كان لهم شأن فيها المرحوم اللورد رالى [١] و بريس [٢] وتروتون [٣] . غير أن التجارب كانت تفشل فى كل مرة ؛ وسبب فشلها أنه إذا فرض أن سرعة الأرض فى الأثير س ، فإن كل جهاز تستطيع فطنة الإنسان أن تستنبطه يخلط فى قياس مقدار س

(١) Lord Rayloigh (٢) D. B. Brace (٣) F. T. Trouton

بإضافة سرعة غير حقيقية ، مقدارها بالضبط ( — س )، وبذلك يكون الجواب الظاهرى دائما هو الصفر، كما حدث فى تجربة ميكلسن ومورلى الأولى .

وقد أسفرت الجهود المتواصلة التى بذلت فى التجارب عدة سنين عن أن قوى الطبيعة بدون استثناء تشترك فى مؤامرة منظمة أحسن تنظيم لإخفاء سرعة الأرض فى الأثير. هذا بطبيعة الحال ما يقوله الرجل العادى لا رجل العلم الذى يفضل أن يقول إن قوانين الطبيعة هى التى تحول دون الكشف عن حركة الأرض فى الأثير ، غير أن فى كلتا العبارتين ما فى الأخرى من معان فلسفية . كذلك يرفع المخترع من غير رجال العلم عقيرته قائلا فى يأس وقنوط إن قوى الطبيعة تتآمر عليه ، فتعطل سير آلته الدائمة الحركة ، فى حين أن رجل العلم يعلم أن الذى يعطلها عائق أشد خطرا من أن يكون مجرد مؤامرة، ألا وهو قانون الطبيعة . وكذلك يخيل إلى المصلح الاجتماعى الغيور غير المستنير، والسياسى الجاهل، أن ثمة مؤامرات من أشد الأنواع وأخطرها رابضة خلف تصاريف القوانين الاقتصادية تمنعهما أن يجنيا من الشوك العنب .

وفى عام ١٩٠٥ أعلن اينشتين ما ظنه قانونا طبيعيا جديدا ، ووضعه فى الصيغة الآتية" إن من شأن الطبيعة أن تجعل من المستحيل تعيين الحركة المطلقة من طريق التجربة أيا كان نوعها" وكانت هذه أول صيغة لنظرية النسبية .

ومن أعجب الأشياء أن هذا القانون رجوع لرأى نيوتن وقانونه ، فقد كتب نيوتن فى كتاب البرنكيپيا :

" من الجائز أن يكون فى مناطق النجوم الثابتة البعيدة ، وقد يكون فى مناطق أبعد منها ، جسم فى حالة سكون مطلق ، ولكن يستحيل علينا أن نعرف ، بالرجوع إلى مواضع الأجسام بعضها بالنسبة إلى بعض فى مناطقنا نحن ، هل تتغير مواضع هذه الأجسام بالنسبة إلى ذلك الجسم البعيد ، ويستتبع هذا أنه لايمكن معرفة السكون المطلق بالرجوع إلى مواضع الأجسام فى مناطقنا ."

وقد أضاف إلى ذلك قوله :

" ولست أولى هنا أى اعتبار لوسط ما ، إن كان ثمة أى وسط ، يتخلل المنافذ التى بين أجزاء الأجسام من غير أن يعوقه عائق ."

ومعنى هذا أن نيوتن قد تحقق من استحالة تعيين السرعة المطلقة للحركة فى الفضاء إذا لم يكن هناك أثير متغلغل فيه ، وأنه رأى كذلك أن هذا الوسط يمكن أن يتخذ أصلا ثابتا يستطاع أن ينسب إليه عند تقدير حركات الأجسام كلها .

وأخذ العلم ، فى خلال القرنين الواقعين بين العهدين ، يجد فى استقصاء خواص هذا الوسط المزعوم ، وها هو ذا أينشتين يأتى فيضربه ضربته القاضية ، ويجرد الأثير من أهم خواصه كلها ، وهى صلاحيته لأن يكون أصلا ثابتا ، يمكن أن ينسب إليه عند تقدير السرعة الحقيقية لأية حركة من الحركات .

ويمكن عرض فكرة اينشتين بطريقة أخرى تجعل معناها أكثر وضوحا. لقد عجز علم الفلك حتى الآن عن أن يكشف عن الجسم الذى فرض نيوتن وجوده فى حالة سكون مطلق ، فى " مناطق النجوم الثابتة البعيدة وقد يكون فى مناطق أبعد منها "؛ ولذلك ظل السكون والحركة مجرد تعبيرين نسبيين . فالسفينة التى لا تتحرك هى ساكنة سكونا نسبيا ، أى بالنسبة إلى الأرض ، ولكن الأرض متحركة بالنسبة إلى الشمس ، وكذلك تتحرك معها السفينة ؛ ولو أن الأرض وقفت حركتها فى فلكها حول الشمس ، لأصبحت السفينة ساكنة بالنسبة إلى الشمس أيضا ، ولكن الأرض والسفينة كلتيهما تظلان تتحركان وسط النجوم المحيطة بهما ؛ فإذا وقفت حركة الشمس بين هذه النجوم ، بقيت بعد ذلك حركة نجوم المجموعة المجرية بالنسبة إلى السدم السحيقة ؛ وهذه السدم السحيقة تتحرك متقاربة أو متباعدة بسرعات تقدر بمئات الأميال أو بأكثر منها فى الثانية . فاذا ذهبنا فى الفضاء إلى أبعد من هذا ، فاننا نعجز عن أن نجد مقياسا للسكون المطلق ، ثم تصادفنا فوق ذلك سرعات للحركة متزايدة على الدوام ، فاذا لم يكن لدينا أثير متغلغل يرشدنا عجزنا حتى عن تفسير معنى السكون المطلق ، وكنا أكثر عجزا عن العثور عليه ، إلا أن نظرية اينشتين تبيح لنا على أساس جميع الظواهر الطبيعية التى يمكن مشاهدتها ، أن نعرف " السكون المطلق " أى تعريف نريد .

وتلك مسألة حسية محضة ، فإن من حقنا أن نقول إذا شئنا إن هذه المجرة ساكنة ولن تقول لنا الطبيعة كلا . فاذا كانت الأرض تسير فى الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل فى الثانية ، فيجب أن نتصور أن الأثير يهب فى هذه المجرة كما تهب " الريح خلال أشجار أجمة " بسرعة قدرها ١٠٠٠ ميل

فى الثانية . وتؤكد لنا نظرية النسبية أن كل ظواهر الطبيعة فى هذه الحجرة لا تتأثر بالريح التى تهب بسرعة ١٠٠٠ ميل فى الثانية ، وأنها لا تتغير حتى إذا هبت الريح بسرعة ١٠٠٠٠٠ ميل فى الثانية، أى أنها تكون كأن ليس فى الحجرة ريح مطلقا .

وليس بعجيب أو جديد أن كل الظواهر الميكانيكية التى لا صلة بينها وبين الأثير المزعوم لا تتأثر بحركته . ولقد رأينا كيف أن هذا كان معروفا لنيوتن من قبل . ولكن إذا كان ثمة أثير حقا ، فان مما يثير العجب ألا تتغير الظواهر الضوئية والكهربائية، سواء كان الأثير الذى ينقلها ساكنا أو كان يهب علينا ويتخللنا بسرعة قدرها آلاف الأميال فى الثانية. وهذا يحتم علينا أن نسأل : هل لهذا الأثير، الذى يظن أن هبوبه هو سبب الريح، وجود حقيقى أو أنه مجرد خرافة من نسج خيالنا ؟ نقول هذا لأننا يجب أن نذكر دائما أن وجود الأثير مسألة فرضية أدخلها فى نطاق العلم علماء الطبيعة الذين سلموا بأن كل شىء لا بد أن يفسر تفسيرا آليا ، وقبلوا هذه النظرية على علاتها فافترضوا وجود وسط آلى ينقل موجات الضوء وكل الظواهر الأخرى الكهربائية والمغنطيسية .

ولأجل أن يبرروا معتقدهم كان عليهم أن يثبتوا أن من الممكن إيجاد مجموعة من قوى الدفع والجذب والليّ فى الأثير، تستطيع أن تنقل كل ظواهر الطبيعة فى الفضاء ، وتوصلها إلى الطرف الثانى بالحال التى نشاهدها عليها، على نحو ما تنقل مجموعة من أسلاك الأجراس القوة الآلية من موضع جذبها إلى الجرس نفسه. وقد استطاعوا على مر الزمن أن يوجدوا هذه المجموعة

ولكن اتضح أنها شديدة التعقيد . ولم يكن فى هذا التعقيد ما يدعو إلى العجب ؛ ألم يكن على الأثير فى هذه الحال أن ينقل التأثيرات المشاهدة وألا يكشف عن وجوده أيضا أثناء نقلها ؟ لذلك لم يكن من الميسور والحالة هذه أن تعدّ وسيلة آلية تستطيع أن تنقل ظواهر معينة بحيث لا تتغير سواء كان المجرب أثناء قيامه بتجاربه ساكنا ، أو كان يندفع مع الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل فى الثانية . والحق أن مثل هذه الوسيلة الآلية عرضة لأن يوجه إليها اعتراض يقضى عليها ، وهو أنها لا تستطيع أن تجعل هاتين المجموعتين من الظواهر متماثلتين ، إلا اذا افترض لكل منهما وسيلة تختلف عن التى تفترض للأخرى .

و يمكننا أن نوضح هذا الاعتراض بمناقشة إحدى الظواهر السهلة مناقشة مفصلة . فطبقا لهذا النظام ، نظام الانتقال فى الأثير ، يُحدث شحن جسم بالكهرباء انفعالا فى الأثير المحيط به ، وهذا يشبه بالضبط ما يحدث إذا أدخل جسم غريب فى بحر من الفالوذج . فاذا شحن جسمان ساكنان فى الأثير بنوع واحد من الكهرباء تنافرا ، والمفروض أن هذا التنافر ينتقل بوساطة الضغوط التى تحدثها فى الأثير حالة الانفعال السالفة الذكر .

ولنفرض مع هذا أن الجسمين المشحونين غير ساكنين فى الأثير ؛ بل يتحركان فيه من الشرق إلى الغرب بسرعة واحدة ، وليكن مثلا ١٠٠٠ ميل فى الثانية . ولما كان الجسمان لا يزالان فى حالة سكون ، كل منهما بالنسبة للآخر ، فإن نظرية النسبية تقرر أن الظواهر التى يمكن مشاهدتها لا تتغير ، بل تبقى كما لو كان الجسمان ساكنين سكونا مطلقا فى الأثير ؛ ولكن

الظواهر فى هذه الحالة الثانية يحتاج إحداثها إلى وسيلة غير التى احتيج اليها فى الحالة الأولى وتختلف عنها كل الاختلاف . نعم إن جزءا من التنافر لا كله لا يزال كما كان نتيجة الانفعال الحادث فى الأثير ، أما الباقى فهو نتيجة لقوى مغنطيسية ، لا يمكن تفسيرها بأنها ضغوط أو توترات فى الأثير ، بل لابد أن تعزى إلى مجموعات معقدة من الأعاصير أو الدوامات .

وتحدث ظواهر كهربائية مغنطيسية أكثر تعقيدا ناتجة عن اشتراك قوى كهربائية مع أخرى مغنطيسية تتخلل الأثير بمقادير مختلفة وتتحرك فيه بسرعات مختلفة ، ولذلك فان كل محاولة لشرح هذه الظواهر شرحا آليا تتطلب الاستعانة بوسيلتين مختلفتين تمام الاختلاف لاستحداث ظواهر واحدة ، ولايزال العلم حتى الآن عاجزا عن تصور أثير يتسع لهاتين الوسيلتين كلتيهما ؛ وحتى اذا وجد هـذا الأثير فان هـذا النظام المزدوج اللازم لاستحداث ظاهرة واحدة من الظواهر المشاهـدة يتعارض مع نظام الطبيعة المألوف تعارضا يشعرنا بأننا قد أخطأنا الطريق الذى نسير فيه ؛ فما كانت نظرية نيوتن عن الجاذبية لتلقى قبولا لو أنها افترضت وجود نظام مزدوج لشرح سبب سقوط التفاحة من الشجرة ، فجعلت نظاما يعمل فى الصيف ، ونظاما آخر يعمل فى الخريف .

وقد أكد نيوتن نفسه ضرورة مجانبة أمثال هـذا النظام المزدوج ، فضمن كتابه البرنكيبيا مجموعة من " قواعد التفكير فى الفلسفة " تنص القاعدتان الأوليان منها على ما يأتى :

القاعدة الأولى :

"ينبغي ألا نقبل من أسباب الأشياء الطبيعية إلا ما كان منها صحيحا وكافيا لتفسير حدوثها ، وفى هذا يقول الفلاسفة إن الطبيعة لا تفعل شيئا عبثا ، ويعد الكثير عبثا اذا كان القليل يفى بالغرض ، لأن الطبيعة تستهويها البساطة ، ولا تتطلب زخرف الأسباب وفضولها ."

القاعدة الثانية :

"ولهذا يجب أن ترجع النتائج الطبيعية الواحدة إلى أسباب واحدة ، كلما استطعنا الى ذلك سبيلا ."

ومن أمثلة ذلك تنفس الإنسان والحيوان ، وسقوط الحجارة فى أوربة وأمريكا ، وضوء نار الطبخ وضوء الشمس ، وانعكاس الضوء فى الأرض وفى الكواكب .

على أن ثمة اعتراضا أقوى من هذا يواجهنا عندما نفترض أن الأثير الحامل للضوء ينقل الإشعاع والتأثير الكهربائى . لقد رأينا كيف يبدو لنا أن الكهرباء والمغنطيسية والضوء كلها تتآمر لتمنعنا من تبين الحركة فى الأثير ، أما الجاذبية فقد بقى علينا أن نبحث فى أمرها ، وقد ظلت على الدوام بمعزل عن غيرها من الظواهر الطبيعية ، تبدو كأنها من طبيعة تختلف كل الاختلاف عن طبائع هذه الظواهر . ذلك أن قانون الجاذبية يتضمن فكرة المسافة ، ويقرر أن قوى الجاذبية بين جسمين موقوفة على المسافة بينهما ، ولذلك

تساوى هذه القوى إذا تساوت المسافات ، فقانون الجاذبية إذن يمكن اتخاذه من الناحية النظرية على الأقل مقياسا تقدر به المسافات .

والأثير الذى ينقل التأثير الكهربائى قلما ينقل التأثير الجذبى أيضا ، لأن الخواص التى يمكن أن نضيفها اليه لا تكفى إلا لتعليل نقله للقوى الكهربائيــة والمغنطيسـية ، ولذلك كان متوقعا أن يكون المقياس الذى يمدنا به قانون الجاذبيــة مبرءا من الانكماش الذى يقول به كل من فترجرالد ولورنتز ، فاذا صار هــذا المقياس فى حوزتنا وجب أن يكون فى مقدورنا أن نقيس به سرعة الأرض فى الفضاء .

ولنبحث احتمال وقوع هذا الأمر متحدثين عنه فى أبسط صورة مادية مستطاعة . لتكن أرضنا مثاليــة ولنتصورها تامة التكور . وبما أن جميع نقط سطحها تكون فى هــذه الحال على أبعاد متساوية من مركزها فان قوة الجذب تكون واحدة فيها جميعا ، فاذا ما حركت هده الأرض المثالية فى الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل فى الثانية ، فان قانون التقلص العادى الذى يقول به فترجرالد ولورنتز يسبب انكماش قطر الأرض بما يقرب من ٦٠٠ قدم فى اتجاه حركة الأرض ، ولذلك يصير طرفا القطر المنكمش أقرب إلى مركز الأرض من النقط الأخرى التى على سطحها ، فتميل كل الأجسام المتحركة على سطح الأرض إلى الانزلاق نحو هاتين النقطتين .

على أن هذا الأثر لو حدث لكان لضآلته أقل مما تمكن ملاحظته على أرضنا نفسها ، لأن ارتفاع سطح الأرض وانخفاضه ، الناشئين مما عليه من جبال ووديان افترضنا عدم وجودها على أرضنا المثالية ، يخفيان بسهولة هذا

التقلص البالغ ٦٠٠ قدم ؛ غير أن من ظواهر الجاذبية الأخرى ظواهر تشبه هذه وتحدث على مدى أوسع منها وتمكن ملاحظتها ، نذكر منها بوجه خاص الحركات الدورانية لمسارات الكواكب فى الفضاء . وتدل هذه الحركات على أن الجاذبية تشترك أيضا مع قوى الطبيعة الأخرى فى إخفاء الحركة فى الأثير إذا أجزنا هذا التعبير ؛ فإذا كانت المقاييس المادية يصيبها الانكماش الذى يقول به فتزجرالد ولورنتز ، فان هذا الانكماش بعينه يصيب مقاييس الأطوال التى يمدنا بها قانون الجاذبية ؛ ولكننا يصعب علينا أن نتصور كيف يصيب هذا الانكماش المقاييس التى يهيئها قانون الجاذبية ما دامت الجاذبية نفسها لا تنتقل فى الأثير . و إذن فلا بد لنا أن نستنتج أن الانكماش الذى يقول به فتزجرالد ولورنتز لا يحدث أبدا ، وهذا يضطرنا إلى أن ننبذ فكرة الأثير الآلى من أساسها .

وعلينا إذن أن نبدأ من جديد . إن الصعاب التى اعترضتنا إنما نشأت من فرضنا الأول ، وهو أن كل شىء فى الطبيعة بوجه عام ، والموجات الضوئية بوجه خاص ، يمكن أن يفسر تفسيرا آليا ، أى أننا قد حاولنا أن ننظر إلى الكون نظرتنا إلى آلة ضخمة ، فأدت بنا هذه النظرة إلى أن نسلك طريقا خاطئا ، ولذلك يجب أن نبحث عن قاعدة أخرى نسترشد بها فى بحثنا .

وخير من هذا التفسير الآلى المضلل أن نسترشد بتلك القاعدة التى وضعها وليم الأوكامى[1] وهى : "يجب ألا نفرض وجود كائن ما إلا إذا اضطررنا

---

(1) William of Occam

إلى فرضه اضطرارا " ؛ والمغزى الفلسفى لهذا القول هو نفس المغزى الفلسفى للقاعدة الأولى من قواعد نيوتن فى التفكير ، وهى التى ذكرناها من قبل ؛ وهى قاعدة هدم محض ، أى أنها تهدم ولا تبنى ، فهى تهدم فى حالتنا هذه فرض وجود كون آلى ينطوى على أثير ينقل التأثيرات الآلية " فى الفضاء الخالى " ، ثم لا تأتى بفرض آخر يحل محله .

وأول ما يتبادر إلى الذهن لملء هذا الفراغ هو مبدأ نظرية النسبية القائل " إن الطبيعة تجعل من المستحيل تعيين حركة مطلقة عن طريق التجربة أيا كان نوعها " . وقد يبدو غريبا لأول وهلة أن يملأ الفراغ الناشئ من نبذ فكرة الأثير على هذا النحو ؛ ذلك بأن الفرضين يختلفان فى طبيعتهما اختلافا يلوح معه أن حلول ثانيهما محل أولهما أمر لا يقبله العقل ؛ ولكن واقع الأمر أن كلا منهما يكاد يكون نقيض الآخر بالضبط ، فقد كان المفروض أن وظيفة الأثير الأساسية هى أن يهيئ لنا أصلا ثابتا ينسب إليه ، أما خواصه الأخرى فقد كانت كلها خواص تبعية حتمها سعينا للتوفيق بين ما نشاهده من نظام الطبيعة و بين هذا الفرض الأول . ولما كان كل ما تتضمنه نظرية النسبية فى جوهرها هو أنها تنفى هذا الفرض الأول كان كل منهما عكس الثانى تماما .

ومن أجل هذا كان موضع الخلاف بينهما واضحا لا غموض فيه ، وكانت التجربة كفيلة بأن تفصل فى هذا الخلاف ؛ وقد فصلت فيه التجارب فصلا لا إبهام فيه ، فقد رأينا كيف فشلت جميع الجهود التجريبية التى بذلت للعثور على الأثير وكيف أنها من أجل ذلك قد زادت

نظرية النسبية تأييدا ، ومبلغ علمنا أنه ما من تجربة أجريت إلا كانت مؤيدة لنظرية النسبية .

وكذلك هوت نظرية الأثير الآلى عن عرشها ، وعلته من بعدها نظرية النسبية ، وقد كان نذير هذا الانقلاب بحث مختصر نشره اينشتين فى يونيه من عام ١٩٠٥ ، وبهذا البحث انتقلت دراسة أعمال الطبيعة الداخلية من اختصاص العالم المهندس إلى اختصاص العالم الرياضى .

لقد كنا إلى ذلك الوقت ننظر إلى الفضاء على أنه شىء كائن حولنا ، وإلى الزمن على أنه شىء يمر بنا أو يتخللنا ، وكان يلوح أن الفضاء والزمن يختلفان اختلافا أساسيا من جميع الوجوه ؛ ففى استطاعتنا مثلا أن نعود القهقرى متبعين أثر خطواتنا فى الفضاء، ولكننا لا نستطيع أن نفعل مثل هذا فى الزمن ؛ وفى مقدورنا أن نسير فى الفضاء كما نشاء ، مسرعين أو متباطئين أو لا نسير أبدا ، ولكن أحدا من الناس لا يستطيع أن ينظم سرعة مرور الزمن ، فهو يمر بنا جميعا بسرعة واحدة منتظمة ، لا يستطيع أحدنا أن يتحكم فيها ، غير أن النتائج الأولى التى وصل إليها إينشتين ، حسب ما فسرها منكوفسكى [1] بعد أربع سنوات من ظهورها تتضمن هذه النتيجة الغريبة وهى أن الطبيعة لا تقر شيئا من هذه الفروق .

لقد مر بنا قبل ذلك أن المادة كهربائية التركيب ، وإذن فجميع الظواهر الطبيعية فى آخر الأمر كهربائية . وقد بين منكوفسكى أن نظرية

(1) H. Minkowski

النسبية تتطلب منا ألا نتصور الظواهر الكهربائية تحدث فى كل من الفضاء والزمن على انفراد ، كما كان العلماء يتصورون من قبل ، بل تتطلب أن نتصورها تحدث فى الفضاء والزمن مندمجين معا اندماجا يستحيل معه أن نتبين أى أثر لالتحامهما ، وتعجز معه جميع ظواهر الطبيعة أن تقسمهما وهما مندمجان هذا الاندماج إلى فضاء وزمن منفردين .

إننا إذا أدمجنا الطول والعرض معا حصلنا منهما على مساحة ولتكن مساحة ملعب الكركت ؛ وللاعبين المختلفين طرق مختلفة فى تقسيم هذا الملعب إلى بعديه ، فالاتجاه "الأمامى" بالنسبة لقاذف الكرة اتجاه "خلفى" بالنسبة لحارس الهدف ، وهو اتجاه "من الشمال إلى اليمين" بالنسبة للحكم ؛ ولكن الكرة لا تعرف شيئا من هذه الفروق ، فهى تذهب إلى حيث ضربت لا توجهها فى سيرها إلا قوانين الطبيعة التى تعد الملعب جميعه كلا لا يتجزأ قد اندمج فيه الطول والعرض فأصبحا وحدة مفردة ، لا يمكن التفريق بين جزأيها .

فإذا أدمجنا فوق ذلك مساحة " مثل ملعب الكركت " ذات بعدين مع ارتفاع " ذى بعد واحد " حصلنا على فضاء ذى أبعاد ثلاثة ، وطالما كنا نفعل هذا قرب الأرض فاننا نستطيع دائما أن نلجأ إلى الجاذبية لتفصل فضاءنا إلى " ارتفاع " و " مساحة " ، فنقول مثلا إن الارتفاع هو الاتجاه الذى يكون قذف كرة الكركت فيه إلى مسافة معينة أصعب من قذفها فى غيره ؛ أما فى الفضاء البعيد فان الطبيعة لا تسعفنا بوسيلة تمكننا من هذا التقسيم ، ذلك بأن قوانينها لا تعرف شيئا عن إدراكنا المحلى المحض

بالاتجاهين الأفقى والرأسى ، و إنما ننظر إلى الفضاء على أنه مكوّن من ثلاثة أبعاد يستحيل تمييز أحدها عن الآخر بحال من الأحوال .

لقد انتقلنا فى خيالنا بوساطة عملية الاندماج من بعد واحد إلى بعدين ، ثم انتقلنا من بعدين إلى أبعاد ثلاثة ، ولكن من الصعب أن ننتقل من ثلاثة أبعاد إلى أربعة ، لأننا ليس لنا خبرة مباشرة بفضاء ذى أربعة أبعاد . يضاف إلى هذا أن الفضاء ذا الأبعاد الأربعة الذى نريد أن نتحدث عنه يصعب تصوره صعوبة خاصة ، لأن أحد أبعاده لا يتكوّن من الفضاء المألوف بل يتكوّن من الزمن ، أى أننا إذا شئنا أن نفهم نظرية النسبية وجب علينا أن نتصوّر فضاء ذا أربعة أبعاد : ثلاثة من أبعاد الفضاء المألوف لنا قد اندمجت مع بعد واحد هو الزمن .

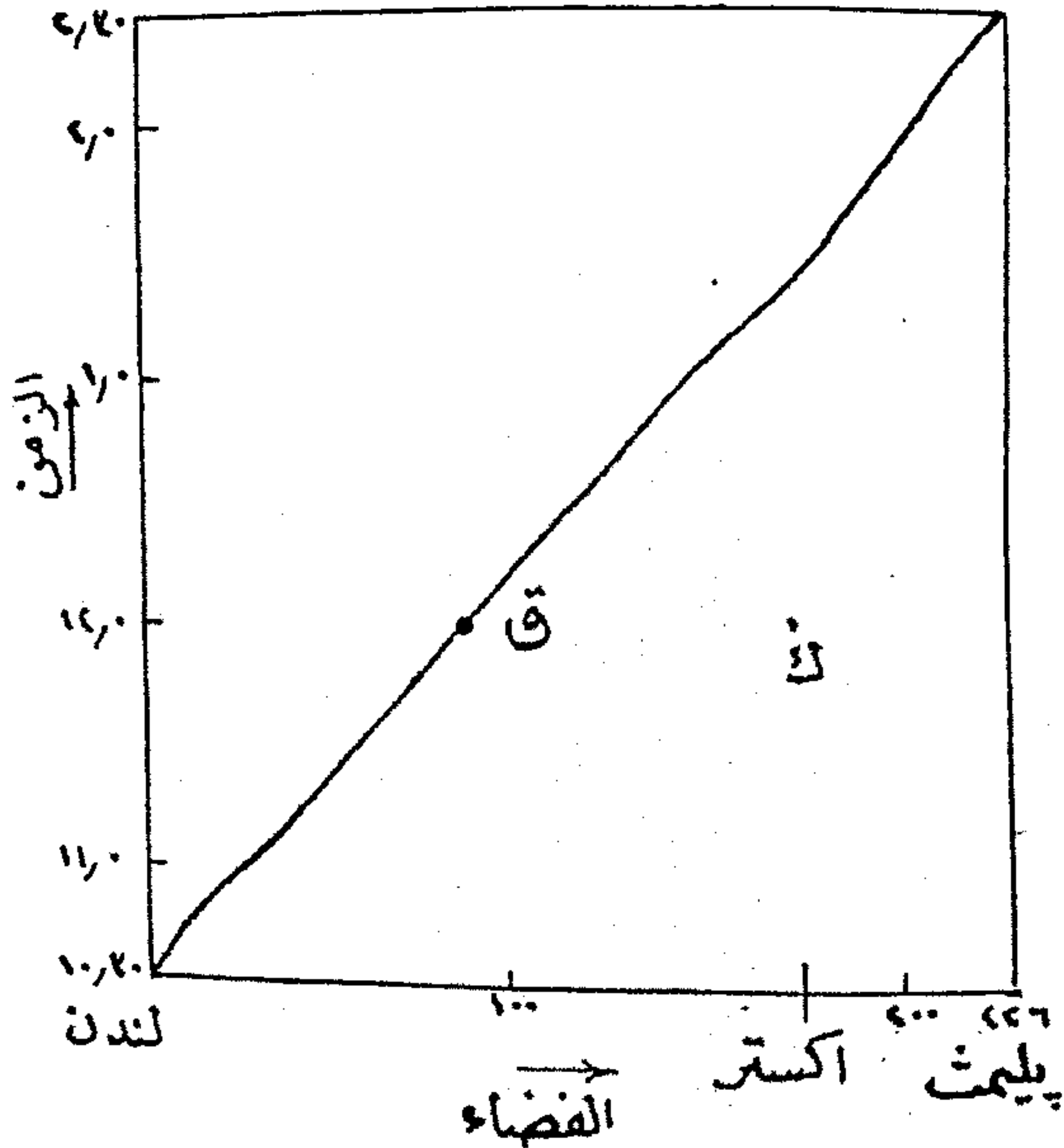
والآن فلنواجه ما يعترضنا من الصعاب واحدة بعد أخرى ، فنتصوّر أوّلا فضاء ذا بعدين يتكوّن من اندماج بعد واحد من الفضاء المألوف وهو الطول مع بعد واحد هو الزمن . وقد يسهل علينا شكل(٢) فهم هذه الفكرة فهو يوضح لنا بالرسم مواعيد القطار السريع الذى يسافر من محطة بادنجتن[1] فى الساعة ١٠/٣٠ صباحا ويصل إلى بليمث[2] على بعد ٢٢٦ ميلا منها فى الساعة ٢/٣٠ مساء ، ويمثل الخط الأفقى الطريق البالغ طوله ٢٢٦ ميلا والذى يربط المحطتين ، كما يمثل الخط الرأسى الوقت الذى يمضى بين الساعة ١٠/٣٠ صباحا والساعة ٢/٣٠ مساء فى كل يوم يسافر فيه القطار .

---

(١) Paddington

(٢) Plymouth

و يوضح الخط العريض مسير القطار ، فالنقطة ق مثلا على هـذا الخط تقابل الزمن ١٢ ظهرا ، وتقابل نقطة تبعد بمقدار واحد وتسعين ميلا ونصف




(شكل ٢) رسم يوضح حركة قطار فى الفضاء والزمن

ميل عن مدينة بادنجتن ، وهى تدل على أن القطار قد اجتاز إلى وقت الظهر واحدا وتسعين ميلا ونصف ميل ، فى حين تمثل النقطة ك موضعا قريبا من اكستر[1] وقت الظهر ، وهى لا تقع على الخط العريض لأن القطار

(1) Exter

لا يكون قد وصل إلى اكستر وقت الظهر ، وتمثل مساحة الشكل كلها كل المواضع التى يمكن أن تكون على الطريق بين بادنجتن و بليمث فى جميع الأوقات بين الساعة ١٠/٣٠ صباحا والساعة ٢/٣٠ مساء ؛ و بذلك حصلنا على مساحة أحد بعديها فضائى والبعد الآخر زمنى ، وذلك بإدماج طول وهو طريق قدره ٢٢٦ ميلا فى زمن وهو أربع ساعات حول وقت الظهر.

و بمثل هذه الطريقة نستطيع أن نتصوّر أبعاد الفضاء الثلاثة و بعدا زمنيا واحدا اندمجت بعضها ببعض، فكونت حجما ذا أبعاد أربعة نسميه "المتصل". وتقول نظرية النسبية، كما فسرها منكوفسكى، إننا نستطيع أن نتصوّر حدوث جميع الظواهر الكهربائية المغنطيسية فى "متصـل" ذى أربعة أبعاد: ثلاثة منها فضائية وواحد زمنى — ولا يمكن أن نفصل فيه الفضاء عن الزمن انفصالا تاما، أى أن المتصل هو ما يندمج فيه الفضاء والزمن اندماجا تاما، ينتج عنه شيء واحد لا تستطيع قوانين الطبيعة أن تميز أحدهما عن الآخر، كما يندمج طول ملعب الكركت وعرضه اندماجا لا تستطيع معه كرة الكركت الطائرة أن تفرق بينهما ؛ فليس الملعب لديها إلا مساحة لم يعد فيها لكل من الطول والعرض على حدة أى معنى من المعانى .

وقد يعترض بأن شكل (٢) لا يقربنا من فهم معنى هذا المتصل ، لأنه شكل توضيحى لا أكثر ، ولا يمثل فى الواقع اندماج الوقت والطول الحقيقيين ، بل يوضح اندماج طول واحد مع طول آخر اندماجا تنتج منه مساحة كما هو معروف — وهى فى هذه الحالة صفحة من الكتاب . على أننا يجب ألا نقف طويلا أمام هذا الاعتراض لأننا سنصل فى النهاية إلى

أن المتصل ذا الأبعاد الأربعة هو ، بهذا المعنى نفسه ، تصوير توضيحي لا أكثر ، فهو بمثابة إطار يمكننا من أن نعرض فيه أعمال الطبيعة ، كما أن شكل (٢) إطار يمكننا من أن نعرض فيه مسير القطار .

وبما أننا نستطيع أن نظهر الطبيعة كلها فى حيز هذا الإطار فلابد أن يكون له ما يقابله من الحقيقة الموضوعية أيا كان نوعها . إلا أن تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن ليس شيئا موضوعيا ، بل هو شيء ذاتى ؛ فاذا اتفق أن كنا — أنا وانت — نسير بسرعتين مختلفتين كان للفضاء والزمن لدىّ معنى يختلف عن معناهما لديك ، أى أننا نقسم المتصل إلى فضاء وزمن بطريقتين مختلفتين ، كما يختلف معنى " أمام " و" يسار " بالنسبة لى ولك اذا كنا نحن الاثنين نتجه اتجاهين مختلفين ، أو كما يقسم قاذف الكرة وحارس الهدف ملعب الكركت بطريقتين مختلفتين لاتدرى الكرة عنهما شيئا . وإذا غيرت سرعة حركتى واستخدمت لذلك مآزل سيارتى ، أو قفزت إلى سيارة عامة متحركة ، فقد عدلت بهذا تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن بالنسبة إلىّ . وأساس نظرية النسبية أن الطبيعة لا تقر تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن ، وفى هذا يقول منكوفسكى : "إن الفضاء والزمن منفردين قد استحالا مجرد خيالات ، وإن اندماجهما على نحو ما هو وحده الذى يستبق لنفسه صورة من صور الحقيقة . "

هذه لمحة عاجلة تبين لماذا كان محتوما أن تتلاشى الفكرة القديمة ، فكرة الأثير الحامل للضوء ؛ فلقد كان المفروض أن الأثير يشغل " الفضاء كله " ، ومعنى هذا أنه يقسم المتصل تقسيما موضوعيا إلى زمن وفضاء ؛ وإذ كانت

قوانين الطبيعة لا ترى إمكان حدوث هذا التقسيم فإنها لا ترى أيضا إمكان وجود الأثير .

فإذا شئنا أن نتصور انتشار الموجات الضوئيـة والقوى الكهربائية المغناطيسية على أنها اضطرابات فى الأثير ، وجب أن يكون أثيرنا هذا شيئا يختلف كل الاختلاف عن الأثير الآلى الذى تصوره مكسويل وفراداى ، فيمكن أن ينظر إليه على أنه تكوين ذو أبعاد أربعة يملأ المتصل كله ، ويمتد لهذا السبب خلال الفضاء كله والزمن كله ، فنستطيع فى هذه الحالة أن ننعم كلنا بأثير واحد. فاذا أردناه أثيرا ذا ثلاثة أبعاد وجب أن يكون أثيرا ذاتيا ليس كمثل أثير مكسويل وفراداى ، ووجب أن يحمل كل منا أثيره معه ، كما يحمل كل مشاهد فى مطرة قوس قزحه معه أينما سار ؛ فاذا غيرت سرعة حركتى خلقت لنفسى أثيرا جديدا من حولى ، كما أحدث لنفسى قوس قزح جديدة إذا خطوت خطوات قليلة فى مطرة مشمسة . واذا لم يكن الكون المتمدد الذى وصفناه من قبل ( انظر ص ٧٢ ) مجرد خيال فان أثير كل شخص لا بد أن يتمدد و يتسع على الدوام . ولا ندرى هل يصح أن يسمى تكوين من هـذا النوع أثيراً ؛ ذلك أننا يصعب علينا أن نجد أية خاصة مشتركة بين هذا الأثير و بين أثير القرن التاسع عشر القـديم . والحق أنه ما دامت نظرية النسبية تنقض نظرية الأثير القديم من أساسها ، فليس ثمة مجال للشك فى أن أى أثير يمكن أن تبقى عليـه نظرية النسبية يجب أن يكون عكس الأثير القديم فى كل شىء ؛ و إذا كان الأمر كذلك فإن إطلاق اسم واحد عليهما يظهر كأنه مجهود غير موفق .

ولست أظن أن هنـاك موضعا لخلاف حقيق بين آراء العلماء الثقات فى هـذا الموضوع . ويقول السـير آرثر إدنجتون[1] فى ذلك بحق إن نصف علماء الطبيعة النابهين يؤكد أن الأثير موجود ، بينما النصف الآخر ينكر وجوده ، ثم يضيف إلى ذلك قوله : "وكلا الفريقين يقصدون بقولهم شيئا واحدا ولا يختلفون إلا فى الألفاظ" . وقد كتب السير ألفرلدج[2] وهو أشـد الناس فى الوقت الحاضر تمسكا بوجود الأثير وجودا موضوعيا يقول :

" يسود الأثير بجميع أشكال طاقته المختلفة علم الطبيعة الحديث ، غير أن كثيرين يفضلون أن يتجنبوا استعمال لفظ " الأثير " ، بسبب ما يلازمه من ملابسات القرن التاسع عشر ، وأن يستعملوا كلمة " فضاء " وليس يهمنا كثيرا أى الاصطلاحين يستعملون . "

وجلى أنه إذا لم يكن ثمة فارق بين لفظى الأثير والفضـاء ، وإذا كان وجود الأثير وعدم وجوده سواء ، فان أنصاره ، بل أشد الناس تحمسا له ، لا يستطيعون أن يدّعوا أن له حقيقة موضوعية . وأظن أن خير نظرة ننظر بهـا إلى الأثير هى أن نعدّه أصـلا ينسب إليـه ، كما يعدّ الشكل الذى فى صفحة (١١٣) أصلا ينسب إليه ، وبذلك يكون وجوده حقيقيا وغير حقيقى معا ، شأنه فى ذلك كشأن خط الاستواء أو القطب الشمالى أو خط زوال جرينتش[3] فهو من خلق الفكر وليس شيئا ماديا مجسما . وقد رأينـا أن " الأثير " إذا أريد أن تلحق به أداة التعريف ، فيكون أثيرا وحدا يتساوى

(1) Sir Arthur Eddington (2) Sir Oliver Lodge (3) Greenwich

فيه الجميع ، ولا يختص به فرد منهم ، فإنه يجب أن يفترض فيه أنه يتخلل كل الزمن كما يتخلل كل الفضاء ، وأنه لا يوجد فارق صحيح يفصل بين حلوله فى الزمن وحلوله فى الفضاء . وطبيعى أن الأصل الزمنى الذى يجب أن ننسب إليه البعد الزمنى للأثير أصل فى متناول أيدينا ، فهو تقسيم اليوم إلى ساعات ودقائق وثوان . فاذا لم ننظر إلى هـذا التقسيم على أنه مادى ، وهو ما لا يقول به أحد الآن ، ولم يقل به أحد من قبل ، فإننا لا يحق لنا أن نعدّ الأثير شيئا ماديا . ونرى استنادا إلى ما كشفت عنه فى العلم نظرية النسبية حديثا أن أثيرا ماديا يملأ الفضاء لا بد أن يصحبه أيضا أثير مادى آخر يملأ الزمن ، فهما متلازمان ، إما أن يوجدا أو لا يوجدا معا .

ويظهر من ذلك أننا على حق إلى حدّ ما فى نظرتنا إلى الأثير كأنه مجرد فكرة ، لا يعدو أن يكون مجرد " اسم ومحل إقامة " ؛ ولكن أى شئ يحل فى محل الإقامة هـذا ؟ إن الكون يتألف من موجات ، وقد سبق أن عرّفنا " الأثير " بأنه فاعل لفعل " تموج " ، ويجب الآن أن ننبذ هذه الفكرة ، لأن الأثير المـادى المحض الذى نحن الآن بصـدده لا يستطيع أن يتموج كما لا نستطيع أن يتموج خط الاستواء أو خط زوال جرينتش ؛ ولا يستتبع هذا بطبيعة الحـال أنه لا يمكن أن ينتشر شيء موجى فى هـذا الوسط غير المـادى ، فنحن نتحدث عن موجة حرارة وموجة انتحار دون أن نحتاج إلى وسط متموج ينقلها ، وليس ما يمنع موجة الحرارة من أن تنتشر حول خط الاستواء ، أو موجة الانتحار من أن تنتشر على طول خط زوال جرينتش .

وقد يظن البعض أننا ، وإن أعوزنا الدليل المباشر على وجود الأثير ، لا نعدم أدلة على وجود شيء كالأمواج يمر خلال الأثير ؛ وذلك فى جميع الظواهر التى تتخذ عادة دليلا على طبيعة الضوء التموجية — مثل حلقات نيوتن ، وأشكال الحيود ، وظواهر التداخل ، بوجه عام . ولكن الأمر ليس كذلك ، لأننا لا نعرف شيئا عن هـذه الأمواج المزعومة إلا حيث توجد جسيمات مادية فى طريقها تكشف لنا عنها ؛ وهذه الظواهر التى ذكرناها الآن لا تكشف لنا عن أشياء تمر فى الأثير ، بل تكشف فقط عن أشياء تسقط على المادة ، ومبلغ علمنا أن لا شيء ينتشر البتة أقل تجردا من المعنويات الرياضية ، فهو أشبه شيء بالزوال الفلكى ينتشر على سطح الأرض فى أثناء دورانها أمام الشمس . غير أنى أستطيع أن أتخيل أحد علماء الطبيعة يتدخل فى هذه المرحلة معترضا ، وقد يكون اعتراضه على النحو الآتى :

عالم الطبيعة : إن ضوء الشمس فى الخلاء يمثل طاقة تولدت فى الشمس وكانت فى الشمس منذ ثمانى دقائق ، والآن قد وصلت إلينا ، وإذن فلابد أنها قد خرجت من الشمس ، فيتحتم إذن أن تكون قد سارت فى الفضاء الذى يفصل بيننا وبين الشمس ، ويظهر لى إذن أن الطاقة لابد أن تنتشر فى الفضاء .

عالم الرياضة : فلنحدّد موضوع الخلاف قبل كل شيء أكثر ما يمكن من التحديد ، ولنحصر انتباهنا فى حزمة معينة من ضوء الشمس ، ولتكن هى الحزمة التى تسقط على كتابى فى مدى ثانية من الزمن وأنا أقرأ الكتاب

فى ضوء الشمس اللامع . فأنت تقول : إن هذه الحزمة كانت فى الشمس منذ ثمانى دقائق ، أى أنها كانت على ما أظن منذ أربع دقائق فى الفضاء فى متصف المسافة التى بيننا و بين الشمس ، وأنها منذ دقيقتين كانت قد اجتازت ثلاثة أرباع المسافة التى تفصلنا عن الشمس ، أليس كذلك ؟

عالم الطبيعة : بلى . وهذا ما أقصده من قولى إن الضوء ينتشر فى الفضاء أى أن الطاقة تنتقل من جزء من الفضاء إلى جزء آخر .

عالم الرياضة : يفهم من فكرتك أن أجزاء الفضاء المختلفة تحتلها مقادير مختلفة من الطاقة فى كل لحظة من الزمن . فاذا كان الأمر كذلك ، وجب أن يكون من المستطاع أن نحسب أو نقيس ما يكون منها فى جزء معين فى الفضاء فى لحظة معينة ؛ فاذا فرضت أن الشمس ساكنة فى أثير ، وأن ضوء الشمس طاقة تنتشر فى هذا الأثير ، فانى أسلم إذن بأنك تستطيع أن تحصل على جواب صريح لهذه المسألة . وقد أجاب به مكسويل عام ١٨٦٣ . وكذلك اذا فرضت أن الشمس ، والمجموعة الشمسية كلها معها بطبيعة الحال ، تتحرك فى الأثير بسرعة منتظمة معلومة ، ولتكن ١٠٠٠ ميل فى الثانية ، فإنك تستطيع أن تحصل أيضا على جواب صريح لمسألتك هذه . ولكن الإجابتين مختلفتان ، وهذا هو أصل المشكلة كلها ، فهل تستطيع أن تقول لى أيهما الصحيح ؟

عالم الطبيعة : لا حاجة إلى القول بأن الجواب الأول يكون صحيحا إذا كانت الشمس ساكنة فى الأثير ، وأن الثانى يكون صحيحا إذا كانت للشمس سرعة منتظمة قدرها ١٠٠٠ ميل فى الثانية خلال الأثير .

عالم الرياضة : أجل . ولكنا متفقان على أن " السكون فى الأثير" لا معنى له على الإطلاق ، وأن " سرعة ثابتة قدرها ١٠٠٠ ميل خلال الأثير" قول لا معنى له أيضا ، فاذا حاولنا أن نجعل لهما معنى من المعانى ، فان كل ظواهر الطبيعة تحتم أن يكون لهما معنى واحد ، ولذلك أرى إجابتك خالية من كل معنى .

وبهذه الطريقة أو مثلها نرى أن كل محاولة ترمى إلى تقسيم الطاقة وتوزيعها فى أجزاء الفضاء المختلفة تؤدى إلى غموض لا تمكن إزالته ؛ ويلوح أنه من الطبيعى أن نفترض أن محاولتنا قد وجهت توجيها خاطئا ، وأن تجزىء الطاقة فى الفضاء خداع باطل .

وكذلك نرى أن كل محاولة ترمى إلى اعتبار الطاقة سيلا ماديا مقضى عليها بالفشل ؛ فنحن نستطيع أن نقول عن الماء الجارى إن نقطة معينة منه تكون آنا فى مكان وآنا فى مكان ثان ، وليس الأمر كذلك فى حالة الطاقة ؛ ذلك أن فكرة سريان الطاقة فى الفضاء فكرة تصويرية مفيدة ، ولكنها تنتهى بنا إلى سخافات ومتناقضات إذا نظرنا إليها على أنها حقيقة قائمة . وقد وضع الأستاذ بوينتنج(١) قانونا مشهورا يوضح لنا كيف يمكن أن تصور الطاقة تسرى بطريقة خاصة ، ولكن الصورة اصطناعية إلى حد يجعلها بعيدة كل البعد عن الحقيقة . فمثلا اذا كهرب قضيب مغنطيسى عادى ثم ترك ساكنا فى موضعه فان هذا القانون يصور الطاقة تسرى حول المغنطيس الى غير نهاية فى شكل يكاد يشبه حلقات لا اعداد لها من

(١) Prof J.H. Poynting

أطفال متماسكين بالأيدى و يرقصون إلى الأبد حول نصبة [1] ولكن العالم الرياضى يرد المسألة كلها الى حقيقتها حين يعد سيلان الطاقة مجرد فكرة رياضية ؛ والحق إنه يكاد يضطر أن يذهب الى أبعد من ذلك ، فيعد الطاقة نفسها مجرد فكرة رياضية ، هى ثابت التكامل فى معادلة تفاضلية . فاذا فعل ذلك لم يكن وجود قيمتين لمقادير الطاقة فى منطقة معينة من مناطق الفضاء أكثر سخافة من وجود زمنين مختلفين فى مكان واحد ، كاللذين يدل عليهما نظام التوقيت المقرر ونظام التوقيت الصيفى فى نيويورك ، أو التوقيت المدنى والتوقيت النجمى فى مرصد من المراصد . أما اذا رفض الأخذ بهذه الفكرة ، فعليه أن يدافع عن قضية خاسرة ، وهى أن الكون يتكون بطريقة مادية من طاقة تظهر فى شكليها ، آنا فى شكل مادة وآنا فى شكل إشعاع ، وأن الطاقة لا يمكن تحديد مكانها فى الفضاء ؛ وسنعرض لهذه القضية بالبحث فيما بعد ( انظر ص ١٦٦ ) .

وقبل أن ننتقل إلى البحث فيما تؤدى إليه نظرية النسبية من تطورات أخرى ، يلوح أنه من المناسب نبذ لفظ " أثير " والأخذ بلفظ "متصل" الذى يقصد به "الفضاء" ذو الأبعاد الأربعة الذى تخيلناه من قبل ، والذى أضيف فيه الزمن إلى أبعاد الفضاء الثلاثة العادية ليكون فيه بعدا رابعا .

ولما كانت قوانين الطبيعة تعبر عن أحداث فى الزمن والفضاء ، فإنه يمكن صوغها بطبيعة الحال منسوبة إلى هذا المتصل ذى الأبعاد الأربعة .

---

[1] يقام فى البلاد الأوربية احتفال فى أول مايو من كل عام تنصب فيه أعمدة يرقص حولها الأطفال .

وقد وجد عند البحث فى هـذه القوانين من الناحية الكمية أن من السهل أن نتصور كلا من الزمن والفضاء يقاس بطريقة خاصة جدا واصطناعية جدا ، فلا نقيس الأطوال بالأقدام والسنتيمترات ، بل نقيسها بوحدة تقرب من ١٨٦٠٠٠ ميل ، وهى المسافة التى يقطعها الضوء فى الثانيـة الواحدة وكذلك لا نقدّر الزمن بالثوانى العادية ، بل نقدّره بوحدة عجيبة مقدارها ثانية مضروبة فى $\sqrt{-1}$ ( أى الجذر التربيعى للمقدار — ١ ) ويعتبر الرياضيون المقدار $\sqrt{-1}$ عددا "تخيليـا" ، لأنه لا وجود له خارج مخيلاتهم ، ولهذا يكون قياسنا للزمن بطريقة اصطناعية إلى أبعد حد فاذا سئلنا لمـاذا اخترنا هذه الطرق العجيبة فى القياس ، فجوابنا أنها تبدو كأنها طرق الطبيعة نفسها . ومهما يكن من شأنها فانهـا تمكننا من تفسير نتائج نظرية النسبية فى أسهل صورة ممكنة ؛ فاذا سئلنا بعـد ذلك لمـاذا يكون الأمر كذلك ، لم نجد للسؤال جوابا — ولو أننا وجدنا الجواب ، لعرفنا من أسرار الطبيعة الخفية أكثر ممـا نعرف الآن .

فلنتفق إذن على استعمال طرق القياس العجيبة التى وصفناها الآن ، وننشئ متصلنا على مقتضاها . وقد أثبت منكوفسكى أنه اذا صحت نظرية النسبية ، وجب ألا تفرق صيغ قوانين الطبيعة بين الزمن والفضاء ، حين ينشأ المتصل على الطريقة التى وصفناها الآن ، بل يجب أن تشترك أبعاد الفضاء الثلاثة والبعـد الزمنى الواحد ، بدرجة واحدة فى صوغ كل قانون طبيعى ، وإلا تعارض القانون مع مبدإ النسبية .

ثم لوحظ بعد زمن قليل أن قانون الجاذبية المشهور الذى وضعه نيوتن لا يتفق مع الشرط الذى بسطناه الآن ؛ وعلى هذا فإما أن يكون قانون نيوتن خاطئا ، أو تكون نظرية النسبية هى الخاطئة . وقد فحص اينشتين عن التغييرات التى يمكن إدخالها على قانون نيوتن لتجعله متفقا مع نظرية النسبية ، فوجد أن التغييرات اللازمة تتضمن وجود ثلاث ظواهر جديدة لم يكن يتضمنها قانون نيوتن القديم ، ومعنى هذا أن الطبيعة تمدنا بثلاث طرق مختلفة يمكن أن يفصل بها فيما بين قانونى اينشتين ونيوتن من خلاف فصلا مبنيا على الملاحظة ، فلما أجريت التجارب كانت النتائج فى جانب اينشتين فى جميع الحالات .

إن ما نسميه "قانون الجاذبية" ليس فى الحقيقة إلا قانونا رياضيا نحسب به عجلة الجسم المتحرك ، وهى المعدل الذى تتغير به سرعة حركة الجسم . ويمكن تفسير قانون نيوتن تفسيرا آليا واضحا وهو : يتبع كل جسم فى تحركه نفس الطريقة التى يتبعها لو أنه — كما يقول نيوتن نفسه — "قد حادت به عن اتجاه حركته المستقيمة" قوة تتناسب مع عكس مربع المسافة ؛ ولهذا افترض نيوتن وجود هذه القوة التى سميت "قوة التثاقل" ولكن قانون اينشتين لا يقبل مثل هذا التفسير ولا غيره من التفاسير الآلية أيا كان نوعها ، وهذا دليل آخر، إذا احتاج الأمر الى دليل ، على أن عصر العلم الآلى قد مضى وانقضى . ولكن وجد أن هذا القانون يمكن أن يفسر تفسيرا هندسيا سهلا . ذلك أن كتلة المادة المنجذبة ليس أثرها أن تصدر عنها " قوة " كما تصور نيوتن ، بل أن تسبب التواء فيما جاورها من المتصل الرباعى الأبعاد ، وإذن لا يكون انحراف الكوكب

المتحرك ، أو كرة الكركت المتحركة عن اتجاه حركتهما المستقيمة ناشئا عن جذب قوة مؤثرة ، بل عن انحناء المتصل .

إن أصعب الأشياء أن نتصور المتصل الرباعى الأبعاد ولو كان غير ملتو، وأصعب من ذلك أن نتصور التواءاته ، ولكن قد يساعدنا على تصوره تمثيله بمساحة ذات بعدين . فالسطوح الشبيهة بملعب الكركت أو سطح جلد يدنا متصلات كل منها ذو بعدين ، وتشبه الالتواءات التى تحدثها الكتل المنجذبة ، الأكوام التى يحدثها حيوان الخلد أو فقاقيع الحروق. فاذا تدحرجت كرة الكركت على أحد هذه الأكوام فانها " تنحرف عن اتجاه حركتها المستقيمة " كما ينحرف مذنب أو شعاع من ضوء عند ما يمر قريبا من الشمس ، وهذه الالتواءات المتجمعة التى تحدثها فى المتصل الرباعى الأبعاد جميع المادة التى فى الكون تجعل هذا المتصل يلتوى حتى ينثنى على نفسه ويصير سطحا مقفلا ، وبذلك يصير الفضاء " محدودا " ويؤدى ذلك إلى النتائج التى سبق أن شرحناها فى الفصل الثانى .

لقد اختفى من الكون الفضاء والزمن بوصفهما كائنين منفصلين وها هى ذى قوى الجاذبية تختفى من ميدان التفكير ، ولا تترك سوى متصل مجعد . ولقد رد العلم فى القرن التاسع عشر الكون الى مسرح لقوى من نوعين لا أكثر : قوى الجاذبية تسيطر على الظواهر الفلكية الكبيرة ، وتمسك بأجسامنا وعتادنا على سطح الأرض ، وقوى كهربائية مغنطيسية تسيطر على جميع الظواهر الطبيعية الأخرى مثل الضوء والحرارة والصوت والتماسك والمرونة والتغيرات الكيميائية ونحوها . والآن وقد اختفت قوى الجاذبية

من العلم فمن حقنا أن نعجب لماذا لا تزال القوى الكهربائية المغنطيسية باقية ، وكيف ظلت هذه القوى تشغل مكانا فى المتصل . ومع أن المشكلة لم يفصل فيها نهائيا ، فإنه يلوح أن هذه القوى مقدر لها أن تلق ما لقيته قوى الجاذبية من قبل وقد نشر ڤايل [1] و إدنجتون تباعا نظريتين لم يستندا فيهما قط على القوى الكهربائية المغنطيسية وحاولا أن يفسرا كل الظواهر الطبيعية على أنها نتائج لهندسة المتصل الخاصة به ، ولكن تبين أن هاتين النظريتين لم تسلما من المآخذ . ولاينشتين نظرية أخرى من هذا القبيل ، أحدث منها عهدا ، وهى لاتزال موضع البحث . ومهما تكن النظرية التى تتغلب آخر الأمر فإنه يلوح من المحقق أن القوى الكهربائية المغنطيسية تستحيل بطريقة ما ، وبعد زمن غير بعيد ، إلى نوع جديد من تجعد المتصل ، يختلف اختلافا جوهريا فى هندسته — لا فى شىء آخر — عن هندسة التجعد الذى عبرنا عن آثاره بالجاذبية . فاذا تحقق ذلك فان الكون سيكون قد استحال إلى فضاء فارغ رباعى الأبعاد خال خلوا تاما من المادة ، وعديم الشكل كلية ، إذا استثنينا ما فى مظهره الخارجى من تجعدات ، بعضها كبير وبعضها صغير ، بعضها قوى وبعضها ضعيف .

وبذلك يصبح ما سميناه من قبل انتشار الطاقة ، كانتقال الضوء من الشمس إلى الأرض ، مجرد استمرار لا أكثر لتجعد متغضن على خط فى المتصل يمتد إلى ما يقرب من ثمانى دقائق من زمننا الأرضى ، وما يقرب من ٩٢,٥٠٠,٠٠٠ ميل من مقاييس الأطوال الأرضية . ونحن نرى الآن أننا

(1) H. Weyl

لانستطيع أن نصور الطاقة على أنها انتشار مادى أو موضوعى فى الفضاء ، إلا إذا قسمنا المتصل أولا تقسيما موضوعيا إلى فضاء وزمن ، وهذا بالضبط ما لا يسمح لنا أن نفعله .

وقصارى القول أن فقاعة من الصابون ، ذات نتوءات وتجعدات على سطحها قد تكون خير ما يمثل به الكون الجديد الذى تكشفه لنا نظرية النسبية تمثيلا يجمع بين بساطة المواد المألوفة. وليس الكون جوف فقاعة الصابون بل هو سطحها ، ويجب أن نذكر دائما أن سطح فقاعة الصابون ذو بعدين فقط ، أما فقاعة الكون فذات أبعاد أربعة : ثلاثة منها فضائية وواحد زمنى ، وأن المادة التى تنفخ منها فقاعة الصابون ، وهى غشاء رغوته ، هى فضاء فارغ مندمج فى زمن فارغ .

---

# الفصل الخامس

## فى الأعماق السحيقة

لندرس الآن بتفصيل أوفى هـذه الفقاعة من الصابون المصنوعة من الفراغ ، والتى يمثل بها العلمُ الحديث الكون . إن بسطحها من النتوءات والتجعدات الكثيرة ما يمكن التعرف على نوعين رئيسيين منها ، نطلق عليهما الإشعاع والمـادة وهما اللذان يلوح لنا أن الكون يتألف من وحداتهما .

وتمثل علامات النوع الأول الإشعاع ، الذى ينتشر كل نوع من أنواعه بسرعة واحدة منتظمة تقرب من ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية . فاذا سافر القطار الموضح بشكل ٢ (انظر ص ١١٣) بسرعة منتظمة قدرها ميل فى الدقيقة فإن حركته تمثل بخط تام الاستقامة يميل عن الخط الرأسى بزاوية مقـدارها ٤٥° ؛ فاذا تتابعت عدة قطر تسير كلها بسرعة منتظمة قدرها ميل فى الدقيقة ، فإن حركاتها تمثل بعدة خطوط موازية لهذا الخط ؛ فاذا غيرنا سرعتنا الأصلية من ميل فى الدقيقة الى ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية ، واستبدلنا بالاتجاه الأول من لندن إلى بليمث جميع الاتجاهات الممكنة فى الفضاء ، فإن الرسم الموضح بصفحة (١٣) ؛ يتبدل إلى المتصل الرباعى الأبعاد ، و يمثل الإشعاع بطائفة من الخطوط تميل كلها بزاوية قدرها ٤٥° عن اتجاه ازدياد الزمن .

أما علامات النوع الثانى فإنها تمثل المـادة ، وهذا النوع يتحرك فى الفضاء بسرعات مختلفة كثيرة التفاوت ، وكل هـذه السرعات صغيرة إذا قيست

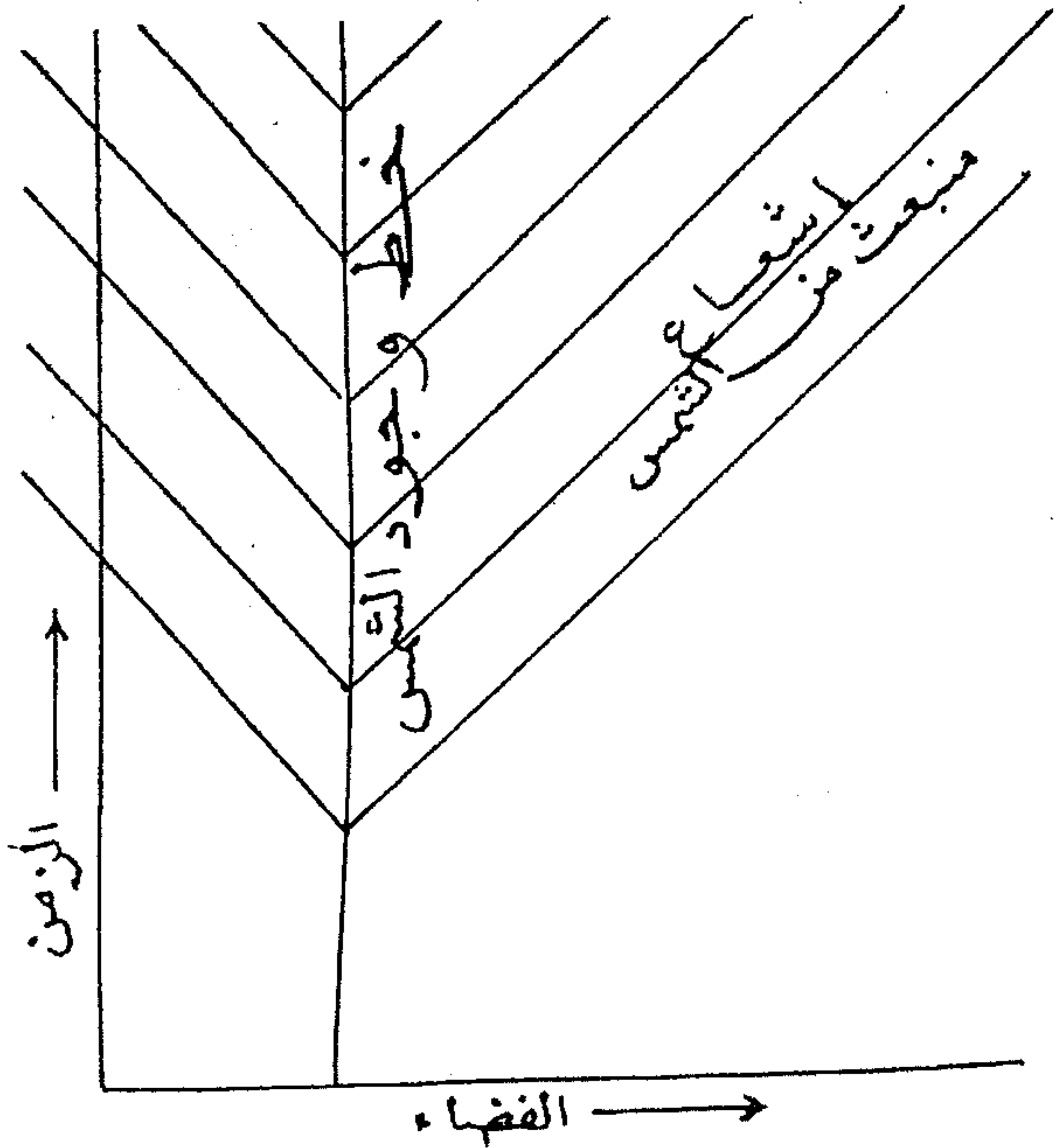
بسرعة الضوء . ولكى نقرب هـذا المعنى من الأذهان تقريبا أوليا نفرض أن المـادة كلها ساكنة فى الفضاء متحركة فى الزمن وحده ، وعلى ذلك تسير العلامات التى تمثل المـادة فى اتجاه ازدياد الزمن، شأنها فى ذلك شأن القطار الذى يمثل رحلته شكل٢ (انظر ص١١٣) إذا وقف عند محطة، فان فترة انتظاره فيها يمكن أن يمثلها جزء صغير من خط رأسى .

وتكون العلامات التى تمثل المـادة أشرطة عريضة على سـطح فقاعة الصابون، كالخطوط التى ترسمها ريشة مصور على لوحة تصوير؛ وسبب ذلك أن من طبيعة مادة الكون أن تتجمع لتكون كتلا كبيرة — ومن أمثلة ذلك النجوم وغيرها من الأجرام الفلكية ، ويطلق على هذه الأشرطة أو الخطوط "خطوط الوجود". ويبين خط وجود الشمس موضع الشمس فى الفضاء فى أية لحظة من الزمن ، ويمكن أن نصوره بالرسم كما فى (شكل٣) فى الصفحة التالية .

وكما أن الحبل يتكون من عدد عظيم من الخيوط الدقيقة، كذلك يتكون خط وجود جسم كبير كالشمس من عدد لا يحصى من خطوط وجود صغيرة هى خطوط وجود الذرات المنفصلة التى تتكون منها الشمس ، فتدخل هـذه الخيوط الدقيقة الحبل الأساسى وتخرج منه فى مواضع مختلفة كلما ابتلعت الشمس ذرة أو قذفت بها إلى خارجها .

ويمكن أن نتصور سطح الفقاعة كأنه قطعـة من نسيج خيوطها هى خطوط وجود الذرات ، فاذا كانت الذرات دائمـة لا تفنى فان خطوط وجودها التى تشبه الخيوط تمتـد فى طول الصورة كله صوب اتجاه سير

الزمن . أما إذا فنيت الذرات فان الخطوط قد تنقطع بفأة وينتشر من نهاياتها المقطوعة جزازات من خطوط وجود الإشعاع، فاذا تحركنا فى اتجاه سير الزمن على طول قطعة النسيج نجـد أن خيوطها المختلفة يتبدل اتجاهها




( شكل ٣ ) رسم يوضح حركة الشمس وإشعاعها فى الفضاء والزمن ( انظر شكل ٢ ص ١١٣ )

فى الفضاء على الدوام ، فتتغير مواضعها بعضهـا بالنسبة إلى بعض . ذلك أن المنسج قد هيئ بحيث يضطرها أن تفعل ذلك طبقا لقواعد معينة نسميها نحن "قوانين الطبيعة" .

وخط وجود الأرض حبل أصغر من خط وجود الشمس مصنوع من عدة جدائل تمثل الجبال والأشجار والطائرات والأجسام البشرية وغيرها ، وهى التى من مجموعها تتكون الأرض . وتتكون كل جديلة من عدة خيوط ، هى خطوط وجود ذراتها . ولا تختلف الجديلة التى تمثل جسم الإنسان عن الجدائل الأخرى فيما يلحظ من الأساسيات ، وهى تبدل اتجاهها بالنسبة للجدائل الأخرى ، ولكنها فى هـذا التبدل أقل حرية من الطائرات وأكثر حرية من الأشجـار ، فهى كالشجرة تبـدأ صغيرة وتنمو بامتصاصها المتواصل لذرات خارجية ، هى غذاؤها . ولا تختلف الذرات التى تتكون منها جديلة الإنسان عن الذرات الأخرى فى شىء من الأساسيات فتتكون الجبال والطائرات والأشجار من ذرات تشبهها تمـام الشبه .

غير أن للخيوط التى تمثل ذرات جسم الإنسـان قدرة خاصـة على حمل التأثيرات إلى عقولنا عن طريق الحواس ، أى أن هذه الذرات تؤثر فى وعينا مباشرة ، أما جميع ذرات الكون الأخرى فلا تؤثر فيه الا تأثيرا غير مباشر عن طريق ذرات جسم الإنسان . ويمكننا أن نفسر الوعى تفسيرا سهلا بأنه شىء يسكن خارج الصـورة بأكملها ولا يتصل بهـا إلا عن طريق خطوط وجود أجسامنا .

ووعيك لا يتصل بالصورة إلا على طول خط وجودك ، كما يتصل بها وعيى أنا عن طريق خط وجودى أنا ، وقس على ذلك . والأثر الذى يحدثه هـذا الاتصال هو قبل كل شىء مرور الزمن ، فنحن نشعر كأنما نسحب على طول خط وجودنا فنتأثر بالنقط المختلفة عليه والتى تمثل كل منها حالتنا فى لحظة من لحظات الزمن .

وقد يكون الزمن من أوله إلى نهاية الأبدية ممتدا أمامنا فى الصورة ، ولكننا لا نتصل إلا بلحظة واحدة منه ، كما أن عجلة الدراجة لاتتصل إلا بنقطة واحدة من الأرض . و إذن فالحوادث كما يقول قايل لا تحدث ، وكل ما فى الأمر أننا نمر بها مرا ، وقد عبر عن ذلك أفلاطون[1] فى كتابه طماوس[2] قبل قايل بثلاثة وعشرين قرنا بقوله :

"الماضى والمستقبل نوعان من أنواع الزمن المخلوقة التى نخلعها خطأ ومن غير أن نشعر على جوهر الأبدية ، فنقول "كان" و"كائن" و"سيكون" ولكن الحقيقة أن "كائن" وحدها هى التعبير الصحيح ."

فيكون وعينا فى هذه الحالة كوعى ذبابة وقعت فى طلاسة تمرر فوق سطح الصورة ؛ إن الصورة كلها كائنة فى مكانها ، ولكن الذبابة لا تتأثر إلا بلحظة واحدة من الزمن ، هى التى تتصل بها اتصالا مباشرا ، و إن كانت قد تذكر جزءا صغيرا مما وراءها من الصورة ، وقد تخدع نفسها فتتصور أنها تساعد فى رسم أجزاء الصورة التى تمتد أمامها .

وربما يصح أن نشبه وعينا بإحساس إصبع الرسام وهو يمر بريشته فوق صورة لم ينته منها ، وفى هذه الحال لا يكون اعتقاده بأنه يؤثر فيما سيأتى من أجزاء الصورة مجرد خيال . ولا يستطيع العلم فى الوقت الحاضر أن يحدثنا إلا قليلا عن الطريقة التى يدرك بها وعينا الصورة ، لأن أكثر ما يعنى به العلم هو طبيعة الصورة نفسها .

---

(1) Plato

(2) Timaeus

ولقد مر بنا كيف أن الأثير الذى كان يظن فى وقت من الأوقات أنه يملأ الكون قد رد إلى شيء معنوى مجرد، هو إطار للفضاء الفارغ لا يزيد على الأبعاد الفضائيـة لفقاعة من الصابون يتكوّن غشاؤها من فراغ . وكذلك رُدت الموجات التى كان يظن فى وقت من الأوقات أنها تخترق هذا الأثير إلى شيء لا يزيد إلا قليـلا على الشيء المعنوى المجرد ، فهو تجعدات على المقطع الناشئ عن قطع الفقاعة بالزمن .

وهذه الصفة التجريدية ، التى يتصف بها ما كان يعدّ فى وقت من الأوقات " موجات أثيرية " مادية ، تعود فتظهر فى شكل أوضح عندما نعود لنظام الموجات التى يتكوّن منها الكهرب . "فالأثير" الذى ييسر لنا تفسير الإشعاع العادى — كضوء الشمس مثلا — له ثلاثة أبعاد فضائية مضافة إلى بعده الزمنى الواحد، وكذلك توجد مثل هذه الأبعاد للأثير الذى نصف به الموجات التى تكوّن كهربا منفردا معزولا فى الفضـاء ؛ وقد يكون هـذا الأثير هو نفس الأثير الذى تقـدم ذكره وقد لا يكونه ، ولكنه فى الحالتين يتفق معـه فى أن له ثلاثة أبعـاد فضائية وبعدا زمنيا واحدا . غير أن الكهرب المنفرد المعزول فى الفضاء هو كون عديم الحوادث البتة ، وإنما تحـدث أبسط الحوادث التى يمكن تصورها عندما يتقابل كهربان؛ فلكى نصف فى أبسط صورة ما يحدث عند تقابل كهربين تتطلب نظرية الميكانيكا الموجية وجود مجموعة من الموجات فى أثير له سبعة أبعاد : ستة منها فضائية — ثلاثة لكل من الكهربين — وبعـد زمنى واحد . ولأجل أن نصف تلاقى ثلاثة كهارب، نحتاج إلى أثير ذى عشرة أبعاد : تسـعة منها فضائية — ثلاثة لكل كهرب أيضا — وبعد زمنى واحد .

ولولا ذلك البعد الزمنى الأخير الذى يربط كل الأبعاد الأخرى معا لوجدت الكهارب فى أفضية ثلاثية الأبعاد مختلفة غير متصلة ، و إذن فالزمن يقوم بما يقوم به الملاط من ربط لبنات المادة معا ، كما يربط العقل الكلى فى المستوى الروحى "الذرات الروحية المستغلقة" التى يقول بها ليبنتز [١] ، وقد نكون أقرب إلى الواقع إذا تصورنا الكهارب على أنها مادة الفكر وتصورنا الزمن على أنه عملية التفكير.

وأظن أن أكثر علماء الطبيعة متفقون على أن الفضاء السباعى الأبعاد الذى تصور به نظرية الميكانيكا الموجية تلاقى كهربين خيال محض ، وفى هذه الحال يجب أن تعد الموجات التى تصحب الكهارب خيالية أيضا ، ولذلك يقول الأستاذ شرودنجر [٢] فيما كتبه عن الفضاء السباعى الأبعاد :

"إنه على الرغم من أن له معنى طبيعيا محدودا ، فإنه لا يجوز لنا أن نقول « بوجوده » وعلى ذلك لا يصح أيضا أن نقول « بوجود » حركة تموجية فى هذا الفضاء ، بالمعنى العادى المقصود من كلمة « وجود » . وليست تلك الحركة فى الحقيقة إلا مجرد وصف رياضى صالح لما يحدث ؛ وقد يكون الأمر كذلك فى حالة الكهرب المنفرد أيضا ، فلا تعد الحركة الموجية «موجودة» بالمعنى الحرفى الضيق لهذه الكلمة ، و إن كان الفضاء الافتراضى الذى تحدث فيه هذه الحركة ينطبق بطريق الصدفة على الفضاء العادى فى هذه الحالة البسيطة الخاصة ."

---

(١) G.W. Leibnitz (٢) Prof.E. Schrödinger

غير أنه يصعب علينا أن نتصور كيف نضع طائفة معينة من الموجات فى درجة من درجات الحقيقة تقل عن الدرجة التى نضع فيها طوائف أخرى منها، ذلك أن من السخف أن نقول إن موجات الكهارب المنفردة حقيقية ، و إن موجات أزواج الكهارب خيالية . إن موجات الكهارب المنفردة حقيقية إلى حد تستطيع معه أن تسجل وجودها على لوح فتوغرافى، وأن تحدث الشكل الموضح باللوحة رقم ٢ ؛ وليس ثمة إلا وسيلة واحدة للتخلص من هذا التناقض والعودة إلى الانسجام ، وهى أن نفترض الموجات جميعها : موجات الكهربين ، وموجات الكهرب المنفرد ، والموجات التى ظهرت على لوح الأستاذ طمسن الفتوغرافى ، فى درجة واحدة من الحقيقة أو اللاحقيقة .

و يعالج بعض علماء الطبيعة هذا الموقف بأن يعدّوا موجات الكهرب موجات احتمال . إننا اذا تحدثنا عن موجة من أمواج المد والجزر فإنما نقصد موجة مادية من الماء تبلل كل ما يقابلها فى طريقها، و إذا تحدثنا عن موجة حرارة فإنما نقصد شيئا يسخن كل ما يعترضه فى طريقه و إن لم يكن هذا الشىء ماديا ، وأما إذا تحدثت الصحف المسائية عن موجة انتحار ، فانها لا تقصد أن كل فرد فى طريق هذه الموجة سوف ينتحر ، و إنما تقصد أن احتمال انتحاره يزداد، فاذا مرت موجة انتحار فوق لندن ارتفعت فيها نسبة وفيات الانتحار ، و إذا مرت فوق جزيرة ر بنسن كروزو ازداد الاحتمال بأن هذا الساكن الوحيد سوف يقتل نفسه، وكذلك يقال إن الموجات التى تمثل كهربا واحدا حسب نظرية الميكانيكا الموجية قد تكون

(1) Robinson Crusoe

موجات احتمال ، وتقيس شدة هـذه الموجات فى أية نقطة معينة درجة احتمال وجود الكهرب فى هذه النقطة .

و إذن فشدة الموجة عند كل نقطة فى لوحة الأستاذ طمسن (فى شكلى ٢، ٣ لوحة ٢ ) هى مقياس لما يوجد من احتمال فى أن يصيب اللوحة عندها كهرب منفرد حائد ، فاذا حادت طائفة بأكملها من الكهارب فان مجموع عدد الكهارب التى تصيب أية نقطة يتناسب بطبيعة الحال مع درجة احتمال إصابة كل كهرب منفرد هـذه النقطة ؛ وعلى ذلك يقيس اسوداد اللوح مقدار الاحتمال لكل كهرب .

ولهذا الرأى ميزة كبيرة ؛ هى أنه يُمَكِّن الكهارب من أن تحتفظ بذاتيتها فلو أن موجات الكهرب كانت موجات مادية حقيقية لكان محتملا أن تشتت التجربة السالفة الذكر كل مجموعة من الموجات ، بحيث لا يبقى جسيم مكهرب على صورته فى الحزمة الحائدة ، ولكان كل اصطدام بين الكهارب والمادة يؤدى إلى تحطيم الكهارب ، ولما أمكن اعتبار الكهرب تكوينا ثابتا . ولا حاجة بنا إلى القول بأن الذى يحيد بالفعل هو سيل الكهارب لا الكهارب المنفردة، أما تلك الكهارب المنفردة فتتحرك على هيئة جسيمات محتفظة بذاتيتها بجسيمات .

وكل هذا يتفق مع ”نظرية عدم التثبت“ أو نظرية ”عدم قابلية التحديد“ التى قال بها هايزنبرج ( أنظر ص ٢٦ ) والتى جعلت من المستحيل دائما القول ” إن كهربا معينا يوجد هنا فى هذه النقطة بالذات ، و إنه يتحرك بسرعة كذا من الأميال فى الساعة بالضبط“ ؛ وكذلك يتفق مع قاعدة ديراك العامة

التى سبق توضيحها (انظر ص ٣٠) غير أن هاتين القاعدتين وحدهما لا تكفيان لتوضيح حقيقة موجات الكهرب كاملة .

ويرى هايزنبرج وبوهر[1] أن هـذه الموجات يجب أن تعد مجرد تمثيل رمزى لما نعرفه عن حالة الكهرب وموضعه المحتملين . فإذا كان الأمر كذلك فان هذه الموجات تتغير كلما تغيرت معلوماتنا ، ويصبح وجودها إلى حد كبير وجودا شخصيا لا شيئيا ، وبذلك لا تبقى بنا حاجة قط إلى أن نتصور الموجات حالة فى الفضاء والزمن ، بل تصبح مجرد صور ذهنية لقانون رياضى موجى فى طبيعته ، ولكنه معنوى محض .

وهناك احتمال آخر أقوى من الاحتمال السابق ينشأ أيضا مما أشار إليه بوهر ، وهو أن أدق ظواهر الطبيعة لا يتاح لها البتة أن تظهر فى إطار الفضاء والزمن . وبناء على هـذا الرأى لا يكون المتصل الرباعى الأبعاد الذى فرضته نظرية النسبية ملائما إلا لبعض ظواهر الطبيعة ، ومن بينها الظواهر ذات المقياس الواسع والإشعاع فى الفضاء الخالى ؛ أما الظواهر الأخرى فلا يمكن تصويرها إلا فى خارج هـذا المتصل . لقد حاولنا من قبل مثلا أن نصور الوعى على أنه شىء خارج المتصل ، ورأينا كيف أن أبسط تصوير لاجتماع كهربين إنما يكون فى سبعة أبعاد ؛ وفى وسعنا أن نتصور أن الحوادث التى تحدث خارج المتصل كله تحدد ما نسميه " مجرى الحوادث " داخل هذا المتصل ، وأن ما يلوح لنا من عدم خضوع الطبيعة لهذا التحديد قد يكون منشؤه أننا نحاول أن نحصر

---

[1] N. Bohr

فى متصل قليل الأبعاد ما يقع من الحوادث فى أبعاد كثيرة . تصور مثلا نوعا من الديدان العمياء لاتتعدى مداركها الحسية سطح الأرض ذى البعدين . والذى تبتل من حين إلى حين أجزاء منه موزعة فيه على غير نظام معين . فأما نحن الذين تتسع مداركنا لتصور فضاء ذى أبعاد ثلاثة فنسمى هذه الظاهرة مطرة ، ونعلم أن الحوادث فى البعد الثالث من أبعاد الفضاء تحدد تحديدا مطلقا معدوم النظير أى الأجزاء سوف تبتل وأيها ستبق جافة ؛ وأما الديدان التى لا تشعر حتى بوجود هذا البعد الثالث فانها اذا حاولت أن تقحم الطبيعة كلها فى الإطار ذى البعدين الذى تعيش فيه فانها لا تستطيع أن تحدد على سبيل الجزم أى الأجزاء تبتل وأيها تظل جافة . ولا تستطيع الديدان العلماء إلا أن تبحث فى ابتلال مساحات جد صغيرة أو جفافها فى صيغ احتمالية ، وقد تتجه إلى البحث فيه على أنه الحقيقة النهائية . ومع أنه لم يحن بعد الوقت الذى نستطيع فيه أن نبدى فى هذه المسألة رأيا قاطعا فانه يظهر لى شخصيا أن تفسير المسألة على هذا الوجه سيكون أرجح التفاسير وأكثرها قبولا . وكما أن الظلال الواقعة على جدار تكون مسقطا ذا بعدين لحقائق ثلاثية الأبعاد ، فكذلك الظواهر التى تقع فى متصل الفضاء والزمن قد تكون مساقط ذات أبعاد أربعة لحقائق تشغل أكثر من أربعة أبعاد ، وعلى ذلك لا تكون الحوادث التى تقع فى الزمن والفضاء " أكثر من صف متحرك من الأشكال الظلّية السحرية تغدو وتروح . "

وقد يعترض معترض بأننا قد أعرنا نظرية الميكانيكا الموجية اهتماما أكثر من الواجب ، مع أنها ليست سوى صورة رياضية لا أكثر ولا أقل ،

على حين أنه قد توجد صور رياضية أخرى يخطؤها الحصر تفى بالغرض وفاء هذه النظرية ، وقد تؤدى إلى نتائج مختلفة عن نتائجها كل الاختلاف .

نعم إن الصورة التى ترسمها الميكانيكا الموجية ليست هى الصورة الوحيدة، بل إن فى الميدان نظما أخرى ولا سيما نظم هايزنبرج وديراك ، غير أن جميع هذه النظم فى حقيقة الأمر تصور شيئا واحدا بعبارات مختلفة كثيرا ما تكون أكثر تعقيدا ؛ ولم يوضع بعد نظام آخر يفسر الأمور فى يسر كثير ويبدو منطبقا على الطبيعة كنظام الميكانيكا الموجية الذى وضعه دى برولى وشرودنجر . وتشهد بعض الصور الفتوغرافية كالتى بلوحة ( ٢ ) بأن نظام الطبيعة تدخل فى تكوينه الأساسى بطريقة ما موجات ذات أطوال موجية معينة. وهذه الأمواج هى الفكرة الأساسية التى تستند إليها نظرية الميكانيكا الموجية ، على حين أنها تبدو فى نظر النظم الأخرى نتائج ثانوية متكلفة . وقد أظهرت نظرية الميكانيكا الموجية بسبب السهولة المتأصلة فيها مقدرة على أن تنفذ إلى أسرار الطبيعة الى أبعد مما يستطيعه أى نظام آخر ، وبذلك صغر شأن جميع النظم الأخرى وتخلفت إلى الوراء. فكأنها النصب الخشبية التى تعين على إقامة البناء وهو عمل له قيمته ، غير أننا ليس فى وسعنا أن نسند إليها أكثر من هذا .

فإذا شئنا أن نركز اهتمامنا فى صورة واحدة من الصور السابقة فلدينا ما يبرر اختيارنا تلك الصورة التى تمدنا بها نظرية الميكانيكا الموجية، وإن كان كل من نظامى هايزنبرج وديراك يؤدى بنا فى واقع الأمر إلى نفس النتيجة تقريبا . وحقيقة الأمر فى أبسط عبارة هى أن جميع الصور التى

يصور بها العلمُ الطبيعة والتى يلوح أنها دون غيرها هى التى تتفق مع الحقائق المشاهدة إنما هى صور رياضية بحتة .

وسيقول معظم العلماء إنها مجرد صور ، ولك أن تسميها خيالات إذا كنت تعنى بذلك أن العلم لم يلمس بعد الحقيقة النهائية . وقد يرى كثيرون من الناحية الفلسفية العامة أن أهم ما أنتجه علم الطبيعة فى القرن العشرين ليس هو نظرية النسبية وما أدت إليه من إدماج الفضاء والزمن معا ، ولا هو نظرية الكم وما يبدو منها فى الوقت الحاضر من إنكار لقوانين السببية ، ولا هو تمزيق الذرة وما كشف عنه هذا التمزيق من أن الأشياء ليست كما تبدو فى ظاهرها ، بل أهم من هذا كله إقرارنا العام بأننا لم نلمس بعد الحقيقة النهائية ، فكأننا ، كما قال أفلاطون فى تشبيهه الشهير ، لا نزال محبوسين فى كهفنا مستدبرين الضوء ، ولا نستطيع أن نشاهد غير الظلال على الجدار . وكل ما يطلب إلى العلم الآن هو أن يدرس هذه الظلال ، وأن يبوبها ويفسرها بأسهل طريقة مستطاعة . وكل ما نحن واجدوه فى سبيل المعرفة الجديدة المدهشة أن الطريقة التى تفسر هذه الظلال تفسيرا أوضح وأتم وأكثر من غيره انطباقا على الطبيعة هى الطريقة الرياضية ، أى تفسيرها فى صور رياضية. ولقد قال جاليليو إن " كتاب الطبيعة العظيم قد كتب بلغة رياضية "وهو قول صحيح إذا فهم على وجه يختلف بعض الاختلاف عما كان يقصده به ، وقد بلغ من صحته حدا يجعل من الآمال الضائعة أمل غير الرياضى فى أنه يصل إلى تفهم فروع العلم التى تحاول الكشف عن طبيعة الكون الأساسية ، أى أن يفهم حق الفهم نظرية النسبية ونظرية الكم ونظرية الميكانيكا الموجية .

و إذا ما نظرنا إلى المبادئ الأولية وحدها ، فإن الظلال التى تلقى بها الحقيقة على جدار كهفنا يمكن أن تكون على عدة أنواع ؛ فمن الممكن أن نتصور أن هذه الظلال عديمة المعنى كلية بالنسبة إلينا ، كما يبدو عديم المعنى شريط سينمى يوضح نمو الأنسجة الدقيقة لكاتب تسلل خطأ إلى حجرة المحاضرات. والحق أن أرضنا جد صغيرة إذا قيست بالكون كله ، وأن جميع الظواهر تدل على أننا نحن الأحياء المفكرين الوحيدين فى الفضاء كله ، حسب ما وصل إليه علمنا ، قد وجدنا على ظهرها بطريق المصادفة ، بعيدين كل البعد عن دائرة النظام الأصلى للكون ، حتى ليحتمل كل الاحتمال بداءة ، أنه مهما يكن معنى الكون بوجه عام ، فان هـذا المعنى يسمو على تجاربنا الدنيوية سمواً يجعلنا عاجزين عن إدراكه ، فاذا صح ذلك كان معناه أنه ليس لنا ما نعتمد عليه حين نبدأ فى البحث عن المعنى الحقيقى للكون .

ومع أن هـذا هو أكثر الأمور احتمالا ، فليس ثمة ما يمنع من أن تكون بعض الظلال التى ألقيت على جدران كهفنا قد توحى إلينا بأشياء وأعمال ألفناها نحن سكان الكهوف فى كهوفنا من قبل . فظل الجسم الساقط يسلك كما يسلك الجسم الساقط نفسه ، ولذلك يذكرنا بالأجسام التى سبق أن أسقطناها ، ويغرينا بأن نفسر هذه الظلال تفسيرا آليا . وهكذا نشأ علم الطبيعة الميكانيكية فى القرن الماضى ، فان هذه الظلال كانت تذكر العلماء من أسلافنا بسلوك الهلاميات والدوامات الدرارة وقضبان الضغط والعجلات المسننة ، ولذلك ظنوا الخيالات حقائق ، فاعتقدوا أنهم يرون أمامهم كونا من الهلاميات والأدوات الميكانيكية . أما نحن فنعرف الآن أن هـذا التفسير ناقص نقصا بينا ، لأنه عاجز عن أن يفسر أبسط الظواهر ، كانتشار

شعاع الشمس ، وتركيب الإشعاع ، وسقوط التفاحة ، ودوران الكهارب في الذرة .

وكذلك يذكرنا ظل مباراة الشطرنج التي يقوم بها اللاعبون في ضوء الشمس بمباريات الشطرنج التي قمنا بها من قبل في كهفنا . وقد نميز حيننا بعد حين حركات الفرسان ، أو نشاهد الطوابي تتحرك في وقت واحد مع الملوك والوزراء ، أو نرى حركات خاصة لقطع الشطرنج تشبه الحركات التي اعتدنا أن نأتيها نحن فلا نستطيع أن نعزوها إلى المصادفة ، ولا نعود ننظر إلى الحقيقة الخارجية نظرتنا إلى الآلة ، لأن دقائق عملها قد تكون آلية ولكنها في جوهرها حقيقة فكرية ؛ ولذلك يجب أن ننظر إلى لاعبي الشطرنج في ضوء الشمس على أنهم كائنات تسيطر عليهم عقول مثل عقولنا ، وأن نجد ما يطابق أفكارنا في عالم الحقيقة التي ظلت على الدوام محجوبة عن مشاهدتنا المباشرة .

وعند ما يدرس العلماء دنيا الظواهر ، أي الظلال التي تلقي بها الطبيعة على جدار كهفنا ، فإنهم لا يجدون هذه الظواهر غامضة غموضا تاما ، ولا يجدونها تمثل أجساما غير معروفة أو غير مألوفة ، بل الأمر كما يظهر لي هو أننا نستطيع أن نتبين لاعبين للشطرنج في ضوء الشمس يلوح أنهم ملمون إلماما تاما بقواعد اللعب كما وضعناها نحن في كهفنا . والآن فلنترك هذه الاستعارات ونقول إنه يلوح أن الطبيعة ملمة بقواعد الرياضة البحتة كما وضعها علماؤنا الرياضيون في أثناء دراساتهم ، فأخرجوها من خبايا وعيهم من غير أن يلجأوا كثيرا إلى صلاتهم بالعالم الخارجي . والمقصود "بالرياضة البحتة" تلك الأقسام الرياضية التي هي من ابتداع التفكير البحت ، ومن

عمل العقل فى دائرته الخاصة ، وهى غير " الرياضة التطبيقية " التى تفكر فى الوجود الخارجى ، بعد أن تفترض له خواص تجعل منها مادتها الأولية . وقد بحث ديكارت فيا حوله عن مثل للانتاج العقلى البحت لا تشوبه الملاحظة ، ( مذهب العقليين ) فاختار الحقيقة الآتية ، وهى أن مجموع زوايا المثلث الثلاث يساوى حتما زاويتين قائمتين . وقد كان هذا الاختيار كما نعلم الآن غير موفق ، وكان من السهل أن يعمد إلى اختيار أمثلة أخرى أقل تعرضا للنقد من المثال السابق ، كقوانين الاحتمالات وقوانين عمليات الأعداد "التخيلية" وهى أعداد تحتوى على جذور تربيعية لمقادير سالبة ، أو الهندسة المتعددة الأبعاد . ولقد وضع هذه الفروع الرياضية فى الأصل العلماء الرياضيون وصاغوها فى صيغ التفكير المجرد ، لا يكادون يتأثرون فيه باتصالهم بالعالم الخارجى ولم يستعينوا عليه بشىء من خبرتهم فأوجدوا بذلك " عالما مستقلا خلقوه بقوة التفكير الخالص " .

والآن نستبين أن التمثيل الظلى الذى نسميه سقوط التفاحة على الأرض ، أو ارتفاع الماء وانخفاضه فى المد والجزر ، أو حركة الكهارب فى الذرة ، كلها أدوار يقوم بها ممثلون متضلعون فى هذه المدركات الرياضية البحتة — متضلعون فى قوانين لعبة الشطرنج التى وضعناها من عهد طويل قبل أن نعرف أن الظلال التى على الجدار كانت هى أيضا تلعب الشطرنج .

فإذا حاولنا أن نكشف عن طبيعة الحقيقة المستترة وراء هذه الظلال ، واجهتنا الحقيقة الآتية ، وهى أن كل المناقشات عن الطبيعة النهائية للأشياء تكون حتما غير مجدية ما لم يكن لدينا مقاييس خارجية نقيسها بها ،

ولهذا السبب يكون "الجوهر الحقيق للأشياء" ، كما يقول لوك[١] مما لا نستطاع معرفته ، ويكون الطريق الوحيد الذى يجب أن نسلكه لنتقدم به إلى الأمام هو بحث القوانين التى تحكم فى التغيرات التى تحدث فى المادة ، وتنتج عنها ظواهر العالم الخارجى التى نستطيع أن نوازن بينها وبين ما أوجدته عقولنا من صور معنوية .

وإليك مثلا لذلك ، إن المهندس الأصم الذى يدرس عمل بيان[٢] آلى قد يحاول أولا أن يفسره بأنه آلة ، ولكنه يعجز عن أن يفهم استمرار تتابع المسافات ١ ، ٥ ، ٨ ، ١٣ فى حركات ضواغطها ، ولكن الموسيقى الأصم ، وإن كان لا يسمع شيئا ، يدرك على الفور أن هذا التتابع العددى هو مسافات موسيقية فى مجموعة الأصوات التوافقية التى تعرف بالمجموعة العادية[٣] ، على حين أن غيرها من المسافات الموسيقية المتتابعة والأقل حدوثا هى لمجموعات موسيقية أخرى ، وبهذه الطريقة يشعر بصلة بين أفكاره هو وبين الأفكار التى أدت إلى صنع هذا البيان الآلى ، ويقول إن هذا البيان الآلى قد أوجدته أفكار موسيقى . وبمثل هذه الطريقة نفسها وصلنا بدراسة عمل الكون دراسة علمية إلى نتيجة يمكن أن نلخصها بقولنا : إن الكون يبدو كأنما قد وضع تصميمه عالم من علماء الرياضة البحتة ، وإن يكن هذا التعبير ناقصا غير دقيق لأننا لا نملك إلا تلك اللغة التى تمدنا بها مدركاتنا وتجاربنا الدنيوية .

---

(١) J. Locke

(٢) الـ pianola وهو بيان يدار بطريقة آلية .

(٣) ما يسمى بالانجليزية "Common Cord" والمؤلف من "دو" و"مى" و"سول" وجواب الـ"دو" وتقابل السلم العربى "الرصد" والـ"سيجاه" ، "النواة" والـ"الأوج" .

ولا نكاد نأمل أن يسلم هذا الرأى من النقد ، بحجة أننا إنما نكيف الطبيعة حسب آراء لنا سبق تصورها ، فقد يقال إن الموسيقى ربما يكون قد ملكت لبه الموسيقى حتى أصبح يحاول تفسير كل قطعة من جهاز على أنها آلة موسيقية ؛ وقد تتأصل فيه عادة النظر إلى كل المسافات على أنها مسافات موسيقية ، فاذا ما سقط عن سلم واصطدم بدرجاته : الأولى والخامسة والثامنة والثالثة عشرة بطريق المصادفة رأى فى سقوطه هذا نغما موسيقيا . وكذلك المصور على طريقة المكعبات ، لا يرى سوى المكعبات فى كل ما تحتويه الطبيعة من ثراء يجل عن الوصف؛ غير أن عدم انطباق صوره على الحقيقة يدل على أنه بعيد كل البعد عن أن يفهم الطبيعة ؛ وليست نظراته المكعبية إلا غمامات تمنعه من أن يرى إلا جزءا ضئيلا من العالم الفخم الذى يحيط به . كذلك يمكن أن يقال إن العالم الرياضى لا يرى الطبيعة إلا من خلال الغمامات الرياضية التى اصطنعها لنفسه. ومما هو جدير بالذكر أن " كانت[1] " اختتم بحثه فى طرق الإدراك التى يفهم بوساطتها العقل الإنسانى الطبيعة بقوله إن العقل يميل بصفة خاصة إلى أن ينظر إلى الطبيعة من خلال مناظير رياضية، وكما أن الإنسان الذى يضع على عينه منظارا أزرق لا يرى إلا عالما أزرق ، فكذلك يرى "كانت" أننا بسبب تحيزنا العقلى نميل الى أن نرى عالما رياضيا فحسب؛ فهل يكون جدلنا هذا مجرد تصوير لهذه العثرة القديمة إن صح أنها عثرة ؟

ولحظة من التفكير تجعلنا نرى أن الأمر لا يمكن أن يقف عند هذا الحد، فان التفسير الرياضى الجديد للطبيعة لا يمكن أن يكون كله ناشئا من نظرتنا

---

(1) Kant .

إليها — أى من نظرتنا الذاتية إلى العالم الخارجى — ولو كان الأمر كذلك لكنا قد عرفناه منذ أمد طويل . إن العقل الإنسانى فى نوعه وأسلوب تفكيره لم يتغير الآن عما كان منذ قرن مضى ، ولذلك فان التغير الحديث الهام الذى طرأ على التفكير العلمى إنما نتج عن تقدم سريع فى المعارف العلمية ، ولم ينتج عن أى تبدل فى العقل الإنسانى . لقد وجدنا شيئا جديدا لم يكن من قبل معروفا فى الكون الموضوعى القائم خارجا عنا ؛ وقد فشل أسلافنا الأقدمون حين حاولوا تصوير الطبيعة فى صور بشرية قاموا هم بخلقها ، وكذلك فشل أسلافنا الأقربون فى تصوير الطبيعة على أسس من الهندسة الإنشائية ؛ لأن الطبيعة أبت أن تلائم بينها وبين هاتين الصورتين اللتين هما من وضع الإنسان ، على حين أن محاولتنا تفسير الطبيعة بصيغ من مدركات الرياضة البحتة قد أصابت نجاحا باهرا حتى الآن . وقد يلوح أنه لا نزاع الآن فى أن الطبيعة تتفق بطريقة ما مع مدركات الرياضة البحتة أكثر مما تتفق مع مدركات علم الأحياء أو الهندسة الإنشائية ، وحتى إذا كان التفسير الرياضى هو أيضا صورة ثالثة من وضع الإنسان ، فانه على الأقل يلائم الطبيعة الخارجية أكثر مما تلائمها الصورتان اللتان حاولنا تطبيقهما من قبل .

وعند ما حاول العلماء منذ مائة عام أن يفسروا العالم تفسيرا آليا لم ينبر لهم رجل حكيم يؤكد لهم أن النظرة الآلية لا بد أن يخطئها التوفيق فى آخر الأمر ، وأن الظواهر الكونية لن يكون لها معنى إذا لم تعرض عرضا رياضيا بحتا ، ولو أنهم تقدموا بحجة مقنعة فى هذا السبيل لوفروا على العلم ما بذله من جهود كثيرة عقيمة . فإذا قال أحد الفلاسفة الآن : ”ليس ما وفقتم

إليه بالشيء الجديد ، لقد كنت أستطيع أن أقول لكم على الدوام إن هذا هو الذى يجب أن يكون" فان العالم قد يسأله بحق : "ولِمَ لم تخبرنا بهذا إذن ، فكنا نقف على معلومات قيِّمة حقًّا ؟ " .

ونحن نزعم أن الكون يبدو لنا الآن فى مظهر رياضى ، ولكن بمعنى يختلف كل الاختلاف عن كل ما فكر فيه "كانت" ، وعن كل ما كان يمكن أن يفكر فيه ؛ وجملة القول إن الرياضة هبطت على الكون من أعلى ولم تجئه من أسفل .

وربما قيل إن كل شيء رياضى بمعنى مّا . وأبسط فروع الرياضيات هو الحساب ، علم الأعداد والمقادير التى تتغلغل فى الحياة بأسرها . فالتجارة مثلا ، وأهم ما فيها العمليات الحسابية : إمساك الدفاتر وجرْد البضائع ونحوهما ، هى فى معنى من معانيها صناعة رياضية ، ولكن الكون لا يبدو الآن رياضيا بهذا المعنى .

وكذلك يجب أن يكون كل مهندس رياضيا إلى حد مّا ، إلا أنه إذا شاء أن يحسب الخواص الميكانيكية للأجسام ويتنبأ بها بدقة كان عليه أن يستخدم فى ذلك المعلومات الرياضية ، ويبحث فى مسائله من خلال مناظير رياضية . ولكن هذه أيضا ليست هى النظرة التى أخذ العلم ينظر بها إلى الكون على أنه كون رياضى ؛ ذلك أن رياضة المهندس لا تختلف عن رياضة صاحب الحانوت إلا فى أن الأولى أكثر تعقيدا من الثانية ، وإن كانت لا تزال مجرد وسيلة للحساب ، فهى لا تستخدم فى تثمين البضائع التى فى السوق أو تقدير الأرباح ، بل تستخدم فى احتساب الإجهادات والانفعالات أو التيارات الكهربائية .

وكذلك يروى بلوتارخوس[1] أن أفلاطون كان يقول : "إن الله يهندس على الدوام[2]" ثم يتخيل بلوتارخوس مجلسا من مجالس العلم قد عقد ليناقش ما كان يقصده أفلاطون بقوله هـذا . ولا شك فى أنه كان يقصد شيئا يختلف كل الاختلاف فى نوعه عما نعنيه نحن بقولنا إن صاحب المصرف دائما يحسب . ومن بين الأمثلة التى يعرضها بلوتارخوس قوله : إن أفلاطون قد قال إن الهندسة تقيم حدودا لأشياء ما كانت تحدد بدونها ؛ وإنه قال إن الله قد أقام الكون على أساس الخمسة المجسمات المنتظمة ، وإنه كان يعتقد أن الجسيمات التى تتكون منها الأرض والهواء والنار والماء هى على الترتيب مكعبات وثمانيات الأوجه وأهرام ثلاثية ومن ذوات العشرين وجها ، وأن الكون نفسه مشكل على هيئة مجسم ذى إثنى عشر وجها . ويمكن أن يضاف إلى هـذا ما كان يعتقده أفلاطون من أن أبعاد الشمس والقمر والكواكب "تتناسب مع المسافات الثنائية" وكان يعنى بهـذه المسافات سلسلة الأعداد الصحيحة التى هى قوى ٢ أو ٣ — أى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ و ٨ ، ٩ ، ٢٧

وإذا كان رأى من هذه الآراء قد احتفظ بظل من الحقيقة حتى اليوم فذلك أولها ، وهو القائل بأن الكون الذى صورته نظرية النسبية كون منته لا لسبب سوى أنه هندسى . أما فكرة وجود صلة أيا كان نوعها بين العناصر الأربعة والكون من جهة ، وبين المجسمات الخمسة المنتظمة

---

(1) Plutarch

(2) Πλάτων ἔλεγε τὸν θεὸν ἀεὶ γεωμετρεῖν

من جهة أخرى فلم تكن إلا وهما من الأوهام ، كما أنه لا توجد صلة ما بين الأبعاد الحقيقية للشمس والقمر والكواكب وبين أعداد أفلاطون .

وجاء كبلر[1] بعد ألفى سنة من عهد أفلاطون ، فأنفق كثيرا من الوقت والجهد محاولا أن يضع مقادير مدارات الكواكب على نسب مسافات موسيقية وفى تراكيب هندسية ؛ وربما كان هو أيضا يرجو أن يكشف أن المدارات قد نظمها موسيقى أو عالم من علماء الهندسة . ولقد ظن بالفعل فى وقت ما أنه كشف أن المدارات تتفق نسبها مع هندسة المجسمات الخمسة ، ولو أن أفلاطون قد عرف هذه الحقيقة المفترضة لوجد فيها أكبر دليل على ميول الخالق الهندسية . ولقد كتب كبلر نفسه يقول : " لا تستطيع اللغة أن تعبر عن سرورى العظيم بهذا الكشف " ولا حاجة بنا إلى القول إن هذا الكشف العظيم كان خاطئا ، وإن عقولنا الحديثة لترفضه على الفور ، لأنه يدعو إلى السخرية والاستهزاء ، إذ يستحيل علينا أن نتصور أن المجموعة الشمسية خلقت كاملة كما هى ، وأنها اليوم كما خرجت من يد صانعها ، بل يجب أن ننظر إليها على أنها شىء دائم التغير والتطور ، وأنها تصطنع مستقبلها من ماضيها . ولو أننا استطعنا أن نفكر ولو برهة من الزمن بعقول العصور الوسطى ، فنتخيل أن أوهام كبلر حقيقية ، وياله من خيال غريب ، لتبين لنا أنه كان خليقا به من غير شك أن يخرج منها بنتيجة ما ، ولوجب أن يكون فى النظام الرياضى الذى عثر عليه فى الكون قدر يزيد على القدر الذى أضافه هو إليه ، ولاستطاع أن يقول بحق إن فى الكون رياضة

---

(1) Kepler .

متأصلة فوق الرياضة التى استخدمها هو فى الكشف عن هندسته ، ولبسط حجته فى لغة المُشَبِّهَة[1] فقال إن كشفه يشير إلى أن الكون اصطنعه عالم من علماء الهندسة ، وما كان اهتمامه بقول ناقديه إن الرياضة التى كشف عنها إنما هى من صنع نظراته الرياضية إلى الكون ليزيد على اهتمام صائد السمك الذى يصطاد سمكة كبيرة باستخدام سمكة صغيرة طعما لها ، إذا قيل له "لقد رأيتك تضع بنفسك السمكة" .

وإلى القارئ مثالا لهذا أكثر جدة وأقل خيالا . أريد منذ خمسين عاما عند ما كثر الجدل حول فكرة الاتصال بالمريخ[2] أن يخطر أهل ذلك الكوكب ، على فرض وجودهم ، بأن على سطح الأرض خلقا مفكرين ؛ ولكن عرضت صعوبة العثور على لغة يفهمها الطرفان ، فأشير فى ذلك الوقت إلى أن أصلح لغة يفهمانها هى لغة الرياضة البحتة ، وأقترح أن تشعل سلاسل من المشاعل فى الصحراء الكبرى[3] بحيث تكون شكلا يوضح نظرية فيثاغورس[4] الشهيرة ، وهى التى تنص على أن مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الصغيرين فى مثلث قائم الزاوية يساوى المربع المنشأ على الضلع الأكبر. وقد لا يكون لهذه الإشارات أى معنى لدى أغلب أهل المريخ ، ولكن قيل إن علماء الرياضة فى المريخ ، إن كان فى المريخ رياضيون ، لابد أن يفهموا أن هذه الإشارات من عمل علماء الرياضة فى الأرض ، وهم فى ذلك لا يمكن أن يتهموا بأنهم يرون الرياضة فى كل شىء . ويلوح لى أن هناك شبها بين هذا وبين الإشارات التى تأتى من عالم الحقيقة

---

(١) المشبهة هم الذين يخلعون على الله أوصاف البشر .

(٢) Mars (٣) The Sahara (٤) Pythagoras .

الخارجى والتى تلقى الظلال على جدران الكهف الذى نحن مسجونون فيه ، مع مراعاة ما بين الحالتين من فروق فى التفاصيل . غير أننا لا نستطيع أن نفسر هذه الظلال بأنها ظلال يلقيها ممثلون أحياء أو تلقيها آلة من الآلات ، ولكن عالم الرياضة البحتة يعرف أنها تمثل نوعا من الآراء التى سبق أن ألِفَها فى دراساته .

ولن نستطيع بطبيعة الحال أن نخرج من هذا بأية نتيجة إذا كانت مدركات الرياضة البحتة التى نجدها متأصلة فى تركيب الكون ليست إلا جزءا من مدركات الرياضة التطبيقية التى استخدمناها للكشف عن نواميس الكون ، أو كانت قد دخلت فى تركيب الكون عن طريقها . وإذا ما تبين أن الطبيعة لا تعمل إلا طبقا لمدركات الرياضة التطبيقية ، فليس يدل هذا على شىء ، لأن هذه المدركات إنما وضعها الإنسان عن قصد وتدبر لتلائم سنن الطبيعة ، ولهذا قد يعترض أيضا بأن رياضتنا البحتة نفسها لا تمثل فى الحقيقة والواقع إحدى مبتكرات عقولنا بقدر ما تمثل محاولة لفهم سنن الطبيعة تستند على ذكريات منسية أو كامنة فى العقل الباطن . فاذا كان الأمر كذلك فلا عجب أن تكون الطبيعة تعمل طبقا لقوانين الرياضة البحتة ، وليس من المستطاع أن ننكر أن بعض المدركات التى يعمل على أساسها عالم الرياضة البحتة إنما أخذها مباشرة عن اتصاله بالطبيعة . ومن الأمثلة الواضحة لهذه المدركات فكرة المقدار ، وإن كانت هذه من المدركات الأساسية التى يصعب تصور نظام للطبيعة يمكن إخراجها منه إخراجا تاما . وثمة مدركات أخرى لصلتنا بالطبيعة بعض الأثر فيها ، ومنها الهندسة المتعددة الأبعاد التى نشأت من غير شك عن صلتنا بأبعاد الفضاء

الثلاثة ، فاذا كانت المدركات الرياضية البحتة الأكثر تعقيدا قد انتقلت إلينا من سنن الطبيعة نفسها ، فلا بد أنها كانت كامنة فى عقلنا الباطن فى قرار منه بعيد . وهذا الاحتمال القابل للجدل الكثير لا يمكن إهماله إهمالا تاما ، غير أنه من أصعب الأشياء أن نعتقد أن هذه المدركات المعقدة كفكرة الفضاء المنحنى المنتهى وفكرة الفضاء المتمدد قد جاءت إلى عالم الرياضة البحتة من اتصالنا بسنن الكون ذاته اتصالا لا شعوريا أو باطنيا . ومهما يكن من شىء فقلما يجادل أحد فى أن الطبيعة وعقولنا الرياضية الواعية تعمل طبقا لقوانين واحدة . فالطبيعة لا تكيف سلوكها ، إذا جاز هذا التعبير ، حسب ذلك السلوك الذى تفرضه علينا أهواؤنا وعواطفنا ، أو حسب سلوك أعصابنا ومفاصلنا ، ولكنها تتكيف حسب سلوك عقولنا المفكرة ؛ ويظل هذا الرأى صحيحا سواء كانت عقولنا هى التى تفرض قوانينها على الطبيعة ، أو كانت الطبيعة هى التى تفرض قوانينها علينا ، وفيه ما يبرر تبريرا كافيا ما نراه من أن الكون قد أقيم على أسس رياضية . فاذا عدنا مرة أخرى الى لغة المشبهة البدائية التى استعملناها من قبل قلنا إننا لم نرتض أن يكون الكون قد وضع رسومه مهندس أو عالم فى علوم الأحياء ، وها قد بدأ الآن يتضح ، مما فى خلق الكون نفسه من دليل ، أن مبدع الكون الأعظم عالم من علماء الرياضة البحتة .

لكننى شخصيا أشعر أنه يمكن مؤقتا الانتقال بهذا التفكير المتسلسل خطوة أخرى ، وإن كان يصعب التعبير عنها بعبارة صحيحة دقيقة ، وذلك لأن لغتنا الدنيوية تحددها تجاربنا الدنيوية أيضا ، فأقول إن العالم

فى الرياضة البحتة الذى يعيش على الأرض لا يعنى بالأجسام المادية ، بل يعنى بالأفكار الخالصة ؛ وليست مبتكراته من خلق الفكر فحسب ، بل هى أيضا مكوّنة من الفكر ، كما تتكوّن مبتكرات مهندس الآلات من آلات. ويبدو لعقلى أن المدركات التى ثبت الآن أن لا بد منها لفهم الطبيعة فهما صحيحا — كالفضاء المتناهى ، والفضاء الخالى الذى لا تختلف فيه نقطة عن غيرها إلا باختلاف خواص الفضاء وحدها ، والفضاء الرباعى أو السباعى أو الكثير الأبعاد ، والفضاء الدائم التمدّد ، وتتابع الحوادث التى تقع وفق قوانين الاحتمالات لا وفق قانون السببية ، أو تتابع الحوادث التى لا يمكن وصفها وصفا تاما لا تناقض فيه إلا باخراجها من نطاق الفضاء والزمن — أقول يبدو لعقلى أن هذه المدركات كلها مكوّنات من الفكر الخالص ، لا يمكن إخراجها الى عالم الحقيقة المادية مهما يكن المعنى الذى يحق لنا أن نفهمه من لفظ " مادية " .

وإليك مثلا لهذا ، كثيرا ما يعترض على الذى يكتب أو يحاضر فى نهائية الفضاء ، بأن وجود فضاء متناه فكرة لا معنى لها وتناقض نفسها بنفسها ؛ ويقول النقاد إنه إذا كان الفضاء متنهيا ، فان من المستطاع الخروج عن نهاية هذا الفضاء ؛ وهل يمكن أن نجد فى خارجه سوى فضاء آخر ؟ — وهكذا دواليك إلى ما لا نهاية ؛ وهذا يثبت أن الفضاء لا يمكن أن يكون متنهيا . وكذلك يقولون إنه اذا كان الفضاء يتمدّد ففى أى شىء يتمدّد إذا لم يكن فى فضاء آخر ؟ — وهذا دليل آخر على أن ما يتمدّد لا يمكن أن يكون إلا جزءا من الفضاء ، وعلى ذلك فان الفضاء كله لا يمكن أن يتمدّد .

والحقيقة أن نقاد القرن العشرين الذين يقولون هـذا القول لا يزالون يفكرون بعقول علماء القرن التاسع عشر ؛ فهم يفترضون أولا أنه يجب أن يكون من المستطاع تمثيل الكون تمثيلا ماديا ؛ ولا شك أننا إذا سلمنا بمقدماتهم، فلابد فى رأيى أن نسلم بنتيجتها : وهى أن كلامنا لا معنى له — لأن منطقهم سليم . غير أن العلم الحديث لا يمكن أن يسلم بهـذه النتيجة ، بل يصر على أن الفضاء متناه ، وليكن بعد ذلك ما يكون . ومعنى هـذا أننا يجب أن ننكر المقدمات التى يفترضها نقادنا عن غير علم ، فالكون لا يبيح لنا أن نصوره تصويرا ماديا ، وسبب ذلك فى رأيى أنه قد أصبح من المدركات الفكرية لا أكثر ولا أقل .

وفى رأيى أن هذا أيضا هو شأن غيرها من المدركات العلمية الأخرى ، التى هى أكثر منها تعمقا والتى تمثلها " قاعدة الاستبعاد " [1] التى تتطلب نوعا من " التأثير عن بعـد " فى كل من الفضاء والزمن ، والتى يخيل إلينا بمقتضاها أن كل جزء صـغير من الكون يعرف بالضبط ما تعمله الأجزاء الأخرى البعيـدة عنه ، ويكيف عمله على هـذا الأساس . وفى رأيى أن القوانين التى تسـير عليها الطبيعة أقل شبها بالقوانين التى تسـير عليها الآلة فى حركتها منهـا بالقوانين التى يسـير عليهـا الموسيقى عنـد ما يضع قطعة موسيقية يستخدم فيها التسلل الصوتى [2] ، أو الشاعر عنـد ما ينظم مقطوعة غنائيـة . وإن حركات الكهارب لأقرب شبها بحركات جماعة

---

[1] هى قاعدة فى نظرية الكم الحديثة تقول باستبعاد تساوى عددين كميين لكهربين مختلفين

[2] هو شكل من أشكال التأليف الموسيقى الغربى تتجاوب فيه الأجزاء المختلفة بمقطع متكرر

ترقص رقصة الكوتيليون(١) منها بحركات أجزاء آلة بخارية . وما دام "الجوهر الحقيق للأجسام" سيبق غير معروف إلى الأبد ، فلا يهم أن تكون الرقصة فى مرقص حقيق أو على ستار الصور المتحركة ، أو فى قصة من قصص بوكاتشو(٢) . فاذا صح كل ذلك فان خير صورة يصور بها الكون ، وإن كانت لا تزال صورة ناقصة غير وافية بالغرض ، هى أنه مكون من فكر خالص لمفكر لا نستطيع أن نصفه إلا بأنه مفكر رياضى لعجزنا عن أن نجد لفظا أعم من هذا وأشمل .

وهكذا ندخل فى صميم العلاقة بين العقل والمادة . إن الاضطرابات الذرية التى تحدث فى الشمس البعيدة تجعلها تشع ضوءا وحرارة ، فيسقط بعض الإشعاع على أعيننا بعد أن "ينتقل فى الأثير" مدة ثمانى دقائق ، فيسبب اضطرابا فى شبكية العين ينتقل فى العصب البصرى إلى المخ ، فيدركه العقل على هيئة إحساس ، ثم يدفع هذا الإحساس عقولنا إلى العمل ، فتنتج منه مثلا أفكار شعرية عن غروب الشمس . فهناك سلسلة متصلة الحلقات (ا) ، (ب) ، (ت) ، (ث) ، ...... (و) ، (لا) ، (ى) تصل التفكير الشعرى (ا) بالاضطراب الذرى فى الشمس (ى) عن طريق العقل المفكر (ب) والمخ (ت) والعصب البصرى (ث) وهكذا . أى أن التفكير (ا) ينتج عن الاضطراب البعيد (ى) ، كما تحدث صلصلة الجرس من جذب طرف حبله البعيد . وفى وسعنا أن نفهم كيف يحدث جذب الحبل المادى

---

(١) الـ Cotillion رقصة سريعة يقوم بها ثمانية أشخاص فى أشكال منتظمة .

(٢) Boccaccio .

صلصلة الجرس المادى ، لأن هناك اتصالا ماديا بينهما ، ولكننا لا نستطيع بمثل هذه السهولة أن نعرف كيف يحدث اضطراب ذرات مادية أفكارا شعرية ،لأن الذرات المادية والأفكار الشعرية تختلفان فى طبيعتهما اختلافا كليا .

ولهذا السبب يصر ديكارت على أنه لا يمكن أن يوجد اتصال ما بين العقل والمادة، و يعتقد أنهما جوهران متباينان كل التباين، لأن جوهر المادة هو امتداد فى الفضاء ، وجوهر العقل هو الفكر . وقد أدى به هذا إلى القول بوجود عالمين متباينين : عالم العقل وعالم المادة، وكأنى بهما يسيران فى طريقين متوازيين مستقل كل منهما عن الآخر ولا يلتقيان أبدا .

وقد اتفق باركلى[1] والفلاسفة المثاليون مع ديكارت على أنه إذا كان العقل والمادة مختلفين اختلافا أساسيا فى طبيعتهما. فانهما لا يمكن أن يتفاعلا أبدا . ولكنهم مع ذلك يؤكدون أنهما فى تفاعل مستمر، ولذلك يقولون إن طبيعة المادة لابد أن تكون من طبيعة العقل ذاته ، وعلى ذلك يجب أن يكون جوهر المادة — فى لغة ديكارت — هو الفكر لا الامتداد . وكانت حجتهم فى ذلك ، إذا بسطناها مفصلة ، أن الأسباب ونتائجها يجب أن تكون فى جوهرها من طبيعة واحدة ، فاذا كانت (ب) فى السلسلة السابقة تحدث ( ا ) وجب أن تكون (ب) من جوهر طبيعة ( ا ) وأن تكون (ت) من جوهر طبيعة (ب) ، وهكذا دواليك . وعلى ذلك يجب أن

(1) Berkely

تكون(ى) أيضا من جوهر طبيعة (ا) ، وليس من حلقات السلسلة ما لنا به معـرفة "مباشرة" سوى حلقتى أفكارنا ومشاعرنا (ا) ، (ب) أما الحلقات البعيـدة (و ، لا ، ى) فلا نعرف شيئا عن وجودها وطبيعتها إلا بطريق الاستنتاج — أى بالآثار التى تنقلها هذه الحلقات إلى عقولنا عن طريق حواسنا . وإذ يقول باركلى إن الحلقات البعيدة المجهولة (و)، (لا) ، (ى) لا بد أن تكون من طبيعة الحلقات القريبة المعروفة (ا) ،(ب) فانه يستدل بقوله هـذا على أنها يجب أن تكون من طبيعة الأفكار ، "إذ لا شىء فى الحقيقة يشبه الفكرة غير الفكرة" ، على أن الفكرة لا يمكن أن توجد من غير عقل تقوم به ، فقد نقول إن شيئا موجودا فى عقولنا حين نعيه ، ولكن هذا لا يعلل وجوده فى الوقت الذى لا نعيه فيه . فالكوكب فلوطون[1] مثلا كان موجودا قبل أن يجرى فى ظن الإنسان بزمن طويل وكان هذا الكوكب يسجل وجوده على ألواح فتوغرافية قبل أن تراه عيون الناس بأمد بعيد . وقد حملت مثل هذه الاعتبارات باركلى على أن يقول بوجود "كائن أبدى" توجد فى عقله جميع الأشياء ، ثم يلخص فلسفته فى أسلوب رائع رنان من أساليب العهود السابقة فيقول :

"إن كل ما فى السموات من جمـال منسق ، وكل ما فى الأرض من عتاد ، وجملة القول إن كل ما يبنى منه هيكل العالم العظيم من أجسام ، ليس له وجود مادى فى خارج العقل ، .... وما دمت أنا لا أرى هذه الأشياء بالفعل ، أو أنها لا وجود لهـا فى عقلى ، أو فى عقل روح من الأرواح

---

(1) Pluto

المخلوقة الأخرى ، فانها إما ألا يكون لها وجود على الإطلاق ، وإما أن تكون ماثلة فى عقل روح أبدى .»

ويلوح لى أن العلم الحديث يصل عن طريق مباين كل المباينة للطريقة السابقة إلى نتيجة لا تختلف عن هذه النتيجة فى شىء كثير. ويلوح أن علم الأحياء حين يدرس العلاقة بين الحلقات الأولى (ا)، (ب)، (ت)، (ث) من السلسلة السابقة ، يقترب من النتيجة القائلة بأن هذه الحلقات كلها من طبيعة عامة واحدة . وقد تصاغ هذه النتيجة أحيانا فى هذه الصيغة الخاصة وهى : بما أن علماء الأحياء يعتقدون أن (ت)، (ث) حلقتان آليتان وماديتان ، فلا بد أن تكون الحلقتان (ا)، (ب) آليتين وماديتين أيضا . ولكن يلوح أن من المستطاع أن نقول بأنه ما دامت (ا)، (ب) حلقتين عقليتين فيجب أن تكون (ت)، (ث) حلقتين عقليتين أيضا ، ويكون لهذا القول ما لسابقه من قوة الحجة . وعلم الطبيعة الذى لا يعنى كثيرا بالحلقتين (ت)، (ث) ينتقل مباشرة إلى طرف السلسلة البعيد ، ويعكف على دراسة ما تقوم به كل من : (و)، (لا)، (ى) ويخيل إلىّ أن نتائج هذا العلم تشير إلى أن الحلقات الأخيرة من السلسلة ، سواء من جهة الكون بصفة عامة أو من جهة التركيب الداخلى للذرة ، من طبيعة الحلقتين (ا)، (ب) أى من طبيعة الفكر البحت . وهذا يؤدى بنا إلى نتائج باركلى نفسها ، ولكننا نصل إليها من ثانى طرفى السلسلة ، أى أننا نصل أولا إلى القول الأخير من أقوال باركلى الثلاثة ، ويبدو القولان الآخران عديمى الأهمية إذا قيسا به ، وسواء كانت الأجسام "موجودة فى عقلى أو فى عقل أى روح من الأرواح المخلوقة الأخرى" أم لم تكن ، فإن شيئيتها تنتج من وجودها "فى عقل روح أبدى" .

وقد يظن من هذا أننا نوحى بنبذ المذهب الواقعى نبذا كاملا ، ووضع المذهب المثالى البحت فى موضعه ؛ غير أنى أعتقد أن هذا عرض للموقف غير دقيـق ، فاذا صح أن "جوهر الأجسام الحقيق" مما تقصر دونه معارفنا ، لصار الحد الفاصل بين المذهب الواقعى والمذهب المثالى غامضا كل الغموض ، ولأصبح هذا الحد أثرا من آثار العصر الماضى ، الذى كان الناس يعتقدون فيه أن الحقيقة هى عين الآلية . فالحقائق الشيئية موجودة لأن أشـياء معينة تؤثر بطريقة واحدة فى وعيك ووعيى ، ولكنا نفترض شيئا لا يحق لنا افتراضه إذا سمينا هذه الأشياء "حقيقية" أو "مثالية" . وأعتقـد أن " رياضية " هى الاسم الصحيح إذا أمكن أن نتفق على أن هذه التسمية تشمل الفكر البحت كله ، وليست مقصورة على دراسات العلماء الرياضيين الإخصائيين . وهذه التسمية لا تتضمن شيئا عن الجوهر النهائى الذى تتكون منه الأشياء بل تتضمن فقط شيئا عن سلوكها .

ولا حاجة إلى القول بأن هذه التسمية التى اخترناها لا تحيل المادة إلى ضرب من ضروب الأوهام والأحلام ، بل إن الكون المادى يبقى مجسما كما كان على الدوام . واعتقادى أن هـذا الحكم لا بد أن يظل صحيحا ، مهما اعترى الآراء العلمية أو الفلسفية من تغير . ذلك أن التجسم من المدركات الذهنية البحتة التى يقاس بها مقدار الأثر المباشر الذى تحدثه الأشياء فى حاسة اللمس عنـدنا ، فنقول إن الحجر أو السيارة جسم ، وإن الصدى أو قوس قزح غير جسم . هذا هو التعريف المألوف لكلمة "التجسم" وإن من السخف والتناقض فى التعبير أن نقول إن الأحجار والسيارات يمكن بطريقة ما ، أن تصبح غير مجسمة أو حتى أقل تجسما مما كانت ، لأننا الآن

نقرنها بقوانين وأفكار رياضية ، أو التواءات فى فضاء خال ، بدل أن نقرنها بطوائف من الجسيات الجامدة . ويروى عن الدكتور چنسن[1] أنه عبر عن رأيه فى فلسفة باركلى بأن قال : " كلا يا سيدى ، وإنى أثبت خطأها هكذا " وركل برجله حجرا . وليس لهذه التجربة الصغيرة التى أجراها الدكتور چنسن بطبيعة الحال أقل علاقة بالمشكلة الفلسفية التى تدعى حلها ، وكل ما فعلته أنها برهنت على تجسم المادة . ومهما يكن من تقدم العلم فان الأحجار لا بد أن تبقى أشياء مجسمة ، لا لسبب سوى أنها هى وكل شىء من نوعها الأصل الذى نرجع اليه فى تعريف خاصة التجسم .

وقد قيل إنه كان فى وسع هذا العالم اللغوى أن يخطئ فلسفة باركلى لو أنه لم يركل برجله حجرا بل ركل قبعة وضع فيها غلام لبنة خلسة ، فقد قيل إن " عنصر المفاجأة فى ذاته دليل كاف على الحقيقة الخارجية " وإن ثمة " دليلا ثانيا هو الاستدامة مع حدوث التغير — استدامة فى الذاكرة وتغير فى العالم الخارجى " . ولكن هذا بالطبع ليس إلا مجرد رد على خطأ الذين يذهبون فى نظرية وجود النفس وحدها إلى أبعد حدودها ، حين يقول قائلهم : " كل هذا من خلق عقلى أنا ، وليس له وجود فى أى عقل غير عقلى " . ولكن يصعب أن يعمل الإنسان عملا فى الحياة لا يبرهن على خطأ هذا القول ، وإن الاحتجاج بالمفاجأة وبالمعارف الجديدة بوجه عام لأضعف

---

(1) Dr. Samuel Johnson (١٧٠٩ — ١٧٨٤) عالم لغوى . وضع قاموسا فى اللغة الانجليزية وقضى فى تأليفه سبع سنوات ، وهو شخصية بارزة من شخصيات القرن الثامن عشر فى انجلترا . يروى عنه الانجليز كثيرا من كلامه .

من أن يناهض فكرة وجود العقل الكلى ، الذى يكوِّن عقلى وعقلك — العقل المدهش والعقل المندهش — وحدات أو بثرات منه ، ولا تستطيع أية خلية من خلايا المخ بمفردها أن تحيط علما بكل الأفكار التى تمر بالمخ بأجمعه.

غير أن عدم وجود أقيسة خارجية مطلقة فى حوزتنا نقيس بها التجسم لا يمنعنا من أن نحكم بأن شيئين على درجة واحدة أو على درجتين مختلفتين فى تجسمهما . فاذا صدمت بقدمى حجرا فى أثناء حلم من أحلامى ، فأكبر الظن أنى أصحو و بقدمى آلام ، وأجد أن الحجر الذى رأيته فى أحلامى هو من خلق عقلى أنا لا من خلق عقل أحد سواى ، قد أوجده دافع عصبى نشأ فى قدمى. وقد يكون هذا الحجر مثالا لطائفة الأوهام أو الأحلام، وهو من غير شك أقل تجسما من الحجر الذى ركله جنسن . وقد يكون من المعقول أن توصف مخلوقات العقل الفردى بأنها أقل تجسما من مخلوقات عقل كلى . وكذلك قد يكون من المستطاع أن نفرق بين الفضاء الذى نراه فى أحلامنا والفضاء الذى نراه فى حياتنا اليومية؛ ذلك أن الفضاء الثانى الذى لا يختلف بالنسبة لنا جميعا هو فضاء العقل الكلى . وكذلك شأن الزمن ، فان زمن اليقظة الذى يمر بسرعة واحدة منتظمة بالنسبة لنا جميعا هو زمن العقل الكلى . وفى وسعنا أيضا أن ننظر إلى القوانين التى تنقاد لها الظواهر فى ساعات يقظتنا ، أى قوانين الطبيعة ، على أنها قوانين من تفكير العقل الكلى ، و إن فى وحدة الطبيعة ما يشهد بمنطقية هذا العقل الكلى .

و إن إدراك الكون على أنه عالم من الفكر الخالص ليلقى ضوءا جديدا على كثير من المسائل التى اعترضتنا فى بحثنا فى علم الطبيعة الحديث ، وفى وسعنا الآن أن ندرك كيف يمكن رد الأثير الذى تحدث فيه كل

حوادث الكون إلى تجريد رياضى ، فيصير مجردا ورياضيا ، كما تكون خطوط العرض وخطوط الطول مجردات رياضية . كذلك نستطيع أن ندرك السبب فى أننا يجب أن ننظر إلى الطاقة ، وهى الجوهر الأساسى فى الكون ، على أنها تجريد رياضى — هو ثابت تكامل معادلة تفاضلية .

وطبيعى أن هذا الإدراك نفسه يتضمن أن الحقيقة النهائية لأية ظاهرة يعبر عنها وصفها الرياضى . فاذا لم يكن فى هـذا الوصف ما ينتقص منه كانت معلوماتنا عن الظاهرة كاملة ، فاذا ما تعدينا القانون الرياضى عرضنا أنفسنا للخطر ؛ وقد نجد نموذجا أو صورة تساعدنا على فهم الظاهرة ، ولكن ليس من حقنا أن نتوقع ذلك ، وإذا عجزنا عن أن نجد مثل هذا النموذج أو هذه الصورة ، فان هذا العجز لا يدل حتما على أن تفكيرنا غير سليم أو أن معلوماتنا خاطئة ، وأن اصطناع النماذج أو الرسوم التى توضح القوانين الرياضية والظواهر التى تصفها لا يخطو بنا نحو الحقيقة بل يبعدنا عنها ، فهو أشبه باصطناع تماثيل منحوتة لروح من الأرواح ؛ وليس من المعقول أن نتوقع اتفاق هـذه النماذج المختلفة بعضها مع بعض ، كما أنه ليس من المعقول أن نتوقع تشابه كل التماثيل التى تمثل هرمس[1] فى جميع نواحى نشاطه المختلفة : كرسول ، وبشير ، وموسيقى ، ولص ، وما إلى ذلك ؛ فمن قال إن هرمس هو الهواء كانت كل خلاله عنده منطوية فى وصفه الرياضى الذى تمثله معادلة حركة الموائع القابلة للضغط لا أكثر ولا أقل . وفى وسع العالم الرياضى أن يستنبط من هـذه المعادلة

(1) Hermes

دلالاتها المختلفة التى تمثل حمل الرسائل و إذاعتها و إحداث الأنغام الموسيقية وتشتيت أوراقنا ونحو ذلك ؛ وليس هو فى حاجة إلى تماثيل هرمس لتذكره بكل هذا . على أنه إذا اعتمد على التماثيل فليس يكفيه إلا صف منها مختلفة الأشكال ، ومع هذا لا يزال بعض علماء الطبيعة الرياضيين يجدون فى العمل لاصطناع تماثيل منحوتة لمدركات الميكانيكا الموجية .

و جملة القول أن القانون الرياضى لا يبين لنا ماهية الشىء ، و إنما يبين لنا مسلكه ، وهو لا يستطيع أن يعين شيئا إلا عن طريق خواصه ، ولا يحتمل أن تتفق هذه الخواص فى جميع الوجوه مع خواص جسم منفرد كبير المقياس ، من الأجسام التى نلاقيها فى حياتنا اليومية .

وهــذه النظرة تريحنا من كثير من الصعاب والمتناقضات الظاهرية التى نلاقيها فى علم الطبيعة فى وقتنا الحاضر ، فلسنا بحاجة بعد الآن إلى أن نبحث هل الضوء يتكون من جسيمات أو من أمواج ، لأننا نعرف كل ما يمكن معرفته عنه إذا وجدنا قانونا رياضيا يصف سلوكه وصفا صحيحا ، ونستطيع أن نتصوره جسيمات أو أمواجا حسب مزاج عقولنا ومقتضيات ظروف الساعة ؛ فعندما ننظر إليه على أنه موجات نستطيع إذا شئنا أن نتخيل أثيرا ينقل الموجات ، ولكن هــذا الأثير يتغير من يوم لآخر ، ولقد رأينا أنه يتغير كلما تغيرت سرعة حركتنا ؛ وكذلك لسنا بحاجة إلى أن نبحث هل النظام الموجى لطائفة من الكهارب يوجد فى فضاء ثلاثى الأبعاد أو فى فضاء متعدد الأبعاد أو لا يوجد على الإطلاق ؛ ذلك أنه موجود فى شكل قانون رياضى ، وهذا دون سواه يعبر عن الحقيقة النهائية ، و يمكن أن نتصوره على أنه يمثل الموجات فى أبعاد ثلاثة أو ستة أو أكثر كلما شئنا . كما نستطيع أن نفسر

هذا النظام على أنه لايمثل موجات على الإطلاق ، وفى هذه الحال نكون قد اتبعنا رأى هايزنبرج وديراك . على أنه من أسهل الأشياء بوجه عام أن نفسره على أنه يمثل موجات فى فضاء ، لكل كهرب فيه مجال ذو ثلاثة أبعاد ، كما أنه من أسهل الأشياء أيضا أن نفسر الكون ذا المقياس الكبير على أنه نظام لأجرام فى ثلاثة أبعاد فقط ، وأن نفسر ظواهر هذا الكون على أنها نظام لحوادث فى أبعاد أربعة ، على أن واحدا من هذه التفسيرات لا يمتاز بصلاحية مطلقة ينفرد بها دون غيره .

وعلى أساس هذه النظرة ، لا نجد بالضرورة أية غرابة فى طبيعة اتصال وعينا المستمر بفقاعة الصابون الفارغة ، التى نسميها الفضاء والزمن ( انظر ص ١٣٢ ) ، لأن ذلك يصبح مجرد اتصال بين العقل و بين شيء من خلق العقل — كقراءة كتاب أو الإصغاء إلى موسيقى . وقد لايكون من الضرورى أن نضيف ، استنادا إلى هذه النظرة للأمور ، أن اتساع الكون وخلاءه الظاهريين وحجمنا التافه فيه يجب ألا تدهشنا أو تقلق بالنا ، فنحن لا تزعجنا جموم الأشياء التى تخلقها عقولنا ولا الأشياء التى يتخيلها غيرنا و يصفها لنا . ففى قصة دى مورييه[١] نرى بطرس ابتسون[٢] ودوقة تورز[٣] لا ينفكان يبنيان فى الأحلام قصورا واسعة وحدائق مطردة الاتساع ، ولكنهما لم يشعرا برعب من كبر مخلوقاتهما العقلية ؛ بل إن اتساع الكون يصبح من دواعى الرضا لا من دواعى الخوف ، ذلك لأننا لا نكون إذن من أهل بلد حقير . وكذلك لا تكون بنا حاجة الى أن نشغل

---

(١) Du Maurier (٢) Peter Ibbetson (٣) Duchess of Towers

بالنا بتناهى الفضاء ، لأننا لا نشعر برغبة فى استطلاع ما وراء الجدران الأربعة التى تحصر ما نراه فى الأحلام .

والحال كذلك فى الزمن الذى يجب أن ننظر إليه على أنه ذو امتداد منته، شأنه فى ذلك شأن الفضاء؛ فاذا نحن تتبعنا مجرى الزمن إلى الوراء، فاننا نجد ما يدل على أننا ، بعد سياحة طويلة كافية ، لا بد واصلون الى بدايته أى الى وقت لم يكن قبله الكون الحاضر موجودا ؛ ذلك أن الطبيعة تمتعض من الآلات ذات الحركة المستديمة ، ولذلك نرجح اعتمادا على المبادئ الأولية أن كونها لا يحتمل أن يكون مثالا مكبرا للنظام الذى تكرهه هى ؛ ويؤيد هذا الرأى دراسة الطبيعة دراسة تفصيلية . ويفسر علم الديناميكا الحرارية كيف أن كل شىء فى الطبيعة يصل إلى حالته النهائية بعملية يطلق عليها "زيادة درجة التعادل[1] "، فدرجة التعادل إذن يجب أن تزيد على الدوام ، وهى لا تقف عن الزيادة إلا إذا وصلت إلى حد لا يمكن أن تتعداه ، فاذا وصل الكون إلى هذه المرحلة وأصبحت كل زيادة أخرى فى درجة التعادل مستحيلة فى الكون . وإذا لم يكن هذا الفرع من العلم كله خطأ فان الطبيعة لا تسمح إلا بإحدى حالتين هما : النماء أو الموت وهى لا تجيز إلا سكونا واحدا هو سكون القبر .

ومن العلماء من لا يوافقون على هذا الرأى الأخير ، وإن لم يكونوا فى اعتقادى كثيرين ، فهم وإن لم يجادلوا فى أن النجوم الحاضرة تفنى عن طريق الإشعاع ، يقولون إن هذا الإشعاع يعود فيتجمد إلى مادة فى مكان ما

(1) Entropy = درجة التعادل وهى خارج قسمة مقدار الحرارة على درجة الحرارة المطلقة وهى تتزايد فى الطبيعة تزايدا مستمرا .

من أعماق الفضاء السحيق . ويرون أنه قد تكون سماء جديدة وأرض جديدة فى طريق التكوين ، لا من رماد السماء والأرض القديمتين ، بل من الإشعاع المنطلق من احتراقهما . هذه هى الطريقة التى يدعون بها إلى ما يمكن أن يسمى فكرة الكون الدورى الذى يفنى فى مكان ما ، وتعمل رفاته على خلق حياة جديدة فى أماكن أخرى .

وهذه الصورة الفكرية — صورة الكون الدورى — تتعارض تعارضا تاما مع ما يجزم به القانون الثانى من قوانين الديناميكا الحرارية الذى يقول إن درجة التعادل يجب أن تزداد زيادة مستمرة ، وإن الأكوان الدورية مستحيل وجودها كاستحالة وجود الآلات ذات الحركة الدائمة ولنفس السبب تقريبا . ولا شك فى أن من الجائز أن توجد حالات فلكية ليس لنا علم بها تثبت خطأ هذا القانون ، وإن كنت أظن أن معظم العلماء المحققين يعدون هذا الرأى بعيد الاحتمال إلى حد كبير . وليس من ينكر بطبيعة الحال أن فكرة وجود الكون الدورى هى أكثر الفكرتين قبولا ، ذلك أن الكثرة من الناس لا تستسيغ فكرة انحلال الكون انحلالا نهائيا ، كما لا يستسيغون فكرة انحلال ذاتيتهم . وليست محاولات الإنسان أن يتصور وجود كون خالد لا يفنى ، إلا صورة مكبرة من محاولاته تخليد ذاتيته وإن كان ما فى الأولى من السفسطة أكثر مما فى الثانية .

أما أصح الآراء العلمية فهو أن درجة التعادل فى الكون يجب أن تزداد على الدوام حتى تصل إلى قيمتها النهائية العظمى ، وهى لم تصل إلى هذه القيمة بعد ، ولو أنها قد وصلت إليها لما كنا الآن نفكر فيها ، فهى إذن

فى ازدياد مستمر سريع ، وإذن فقد كانت لها بالضرورة بداية وأنه حدث ما يمكن أن يسمى " خلقا " فى وقت ليس ببعيد بعدا لا نهائيا .

وإذا صح أن الكونَ كون من الأفكار ، فلا بد أن يكون خلقه من عمل الفكر ، وتكاد نهائية الزمن والفضاء نفسها تضطرنا إلى أن ننظر إلى عملية الخلق على أنها عمل من أعمال الفكر ؛ وإن تحديد الثوابت مثل نصف قطر الكون وعدد الكهارب التى يحتويها الكون ليستلزم وجود الفكر الذى تقاس خصوبته بضخامة هذه الكميات . فالزمن والفضاء اللذان هما إطار الفكر قد كان وجودهما من غير شك جزءا من هذه العملية . وقد كانت علوم الهيئة البدائية تخيل خالقا يعمل فى الفضاء والزمن ، فيصوغ الشمس والقمر والنجوم من مادة غفل موجودة من قبل ، أما النظرية العلمية الحديثة فانها تضطرنا إلى أن ننظر إلى الخالق على أنه يعمل خارج الزمن والفضاء ، اللذين هما جزء من خلقه ، كما يعمل المصور خارج لوحته . وهذا يطابق قول أوغسطين[1] : " لم يخلق الله الكون فى زمن بل خلقه مع الزمن". والحق أن هذا الرأى قديم يرجع إلى زمن أفلاطون الذى يقول :

" خلق الزمن هو والسماوات فى وقت واحد ، وذلك لكى يفنيا معا إذا أريد فناؤهما . هكذا كان عقل الله وفكره فى خلق الزمن " ومع ذلك فما أقل ما نعرف عن الزمن ، حتى لقد تضطرنا هذه القلة إلى أن نشبه الزمن كله بعملية الخلق ، أى تحويل الفكر إلى مادة .

---

(1) Augustino

وقد يعترض بأن حججنا كلها تستند إلى افتراض أن التفسير الرياضى الحاضر للعالم الطبيعى تفسير فذ إلى حد ما ، وأنه سوف يكون التفسير النهائى الصحيح . وقد يقال إنّ وصف الحقيقة فى تشبيهنا السالف الذكر بأنها لعبة الشطرنج لا يعدو أن يكون وصفا خياليا ، جىء به لسهولته ، وإن حركات الظلال قد توصف وصفا خياليا آخر ليس أقل شأنا من الوصف السابق . والجواب أننا لا نعرف خيالا آخر يصف هذه الأمور بمثل هذا الكمال ، وهذه السهولة والكفاية ، فالرجل الذى لا يلعب الشطرنج يقول : " إن قطعة من الخشب الأبيض ، شبيهة بعض الشبه برأس حصان ، مركبة على قائم ، قد أخذت من المربع الأسفل الذى يلى المجاور للمربع الواقع فى الزاوية اليمنى من رقعة الشطرنج ، ثم حركت إلى ... " الخ . أما لاعب الشطرنج فيقول : " أبيض : ح إلى ٣ ف م . "[1] وتعبيره هذا لا يوضح الحركة توضيحا تاما مختصرا فحسب بل إنه فوق ذلك يربط هذه الحركة بنظام آخر أكبر وأعم . وكذلك شأن العلم ، فما دامت معارفنا ناقصة فان أسهل الشروح يكون فيه من الإقناع بقدر ما فيه من السهولة ، وهو يمتاز فضلا عن السهولة بأنه أكثر الشروح احتمالا بأن يكون هو الشرح الصحيح . ومع أنه يجب أن نسلم تسليما تاما بأن التفسير الرياضى قد يتضح أنه ليس نهائيا وأنه ليس أسهل تفسير مستطاع ؛ فإننا لا نتردد فى القول بأنه أبسط وأتم تفسير عرف حتى الآن ، وعلى ذلك فان له ، بالنسبة لمعرفتنا الحاضرة ، أكبر فرصة لأن يكون أقرب التفاسير إلى الحقيقة .

---

(١) يحرك صاحب القطع البيضاء فرسه الى المربع الثالث لفيل الملك .

وقد لا يوافق بعض القراء على هـذا بحجة أن التفسير الرياضى للطبيعة فى الوقت الحاضر قد لا يكون إلا خطوة وسطا إلى تفسير آلى جديد، ذلك أن عقولنا الحديثة فيما أراه تنزع بطبيعتها إلى التفسيرات الآلية . وقد يعزى بعض السبب فى هـذا إلى دراستنا العلمية الأولى ، ويعزى بعضه إلى ما نراه فى كل يوم من سلوك الأجسام مسلكا آليا يبـدو معه أن التفسير الآلى هو التفسير الطبيعى الذى يسهل فهمه ؛ ولكننا إذا بحثنا المسألة بحثا موضوعيا تاما خيل الينا أن أهم ما يبدو لنا فى هـذا البحث هو أن النظام الآلى قد لاقى حتفه ، وفشل فشلا ذريعا فى الناحيتين العلمية والفلسفية على السواء . وإذا قدّر أن يحل محل الرياضة شىء آخر فإن الميكانيكا هى من أبعد الأشياء عن ذلك احتمالا .

وما أكثر ما يغيب عنا أننا لا نستطيع إلا أن نبحث هذه المسائل فى صيغ الاحتمالات ، وما أكثر ما يعير رجل العلم بأنه يبـدل آراءه على الدوام ، وفى هذا ما يشعر بأنه ليس من الضرورى أن يؤخذ بقوله جدّيا ؛ على أنه لا لوم فى الحقيقة على العـالم الذى يرتاد نهر المعرفة ، اذا انحرف أحيانا إلى مجرى جانبى فرعى ، ولم يستمر سائرا فى المجرى الأصيل ، ذلك بأن المرتاد لا يستطيع أن يتأكد من طبيعة المجرى الجانبى إلا بعد أن يسير فيه . وأخطر ما فى الأمر وأبعـده عن سيطرة المرتاد أن نهر المعرفة ملتو ، يجرى آنا نحو الشرق ، وآنا نحو الغرب ؛ وقد يقول المرتاد فى وقت ما : "إنى أسير مع التيار ، وبما أنى أتجه نحو الغرب ، فأكبر الظن أن بحر المعرفة — أى الحقيقة — كائن فى الجهة الغربية" ؛ فإذا ما تحوّل اتجاه النهر بعد ذلك نحو الشرق قال : "كأنى بالحقيقة الآن واقعة فى الجهة الشرقية" . وأكبر الظن أن ليس من

العلماء الذين عاشوا فى الثلاثين عاما الأخيرة من يستطيع أن يبت برأى قاطع فى اتجاه نهر المعرفة فى المستقبل ، أو فى مكان الحقيقة أين يكون ؛ ذلك أن تجاربه الخاصة تدله على أن النهر لا يتسع مجراه على الدوام فحسب ، بل تدل أيضا على أنه دائم الالتواء ، ولذلك ينصرف العالم بعد أن يلاقى ضروبا من الخيبة متعددة عند كل التواء عن الظن بأنه قد انتهى إلى "بحر الحقيقة اللانهائى وأحس معالمه" .

ويلوح أننا على حق إذا قلنا ، مع هذا الاحتراس السابق ، إن نهر المعرفة قد انحرف انحرافا شديدا فى السنوات القليلة الماضية . فقد كنا نظن أو نفترض منذ ثلاثين عاما أننا سائرون صوب حقيقة نهائية من النوع الآلى ، وأن هذه الحقيقة تتكون من خليط عارض مهوش من الذرات ، قدر عليه أن يقوم زمنا ما برقصات خالية من المعنى ، طوعا لتأثير قوى عمياء ليس لها غرض معين ، ثم يرتد ليكون منه عالم ميت لا حياة فيه ، وفى هذا العالم الآلى المحض ظهرت الحياة مصادفة بتأثير هذه القوى العمياء نفسها ، واتفق أن ناحية ضئيلة واحدة على الأقل من نواحى هذا الكون الذرى — وقد تكون عدة نواح منه — قد أصبحت واعية برهة من الزمن ، ولكنها مقدر عليها آخر الأمر بتأثير القوى الآلية العمياء ، أن تتجمد عن آخرها ثم تترك هذا العالم مرة أخرى لا حياة فيه .

أما الآن فان الآراء متفقة ، إلى حد كبير يكاد فى الجانب الطبيعى من العلم يقرب من الإجماع ، على أن نهر المعرفة يتجه نحو حقيقة غير آلية ، وقد بدأ الكون يلوح أكثر شبها بفكر عظيم منه بآلة عظيمة ، ولم يعد العقل بعد دخيلا ألقت به المصادفة فى عالم المادة ، بل بدأ يجول فى خاطرنا أن من

واجبنا أن نحييه ونعده خالق العالم المادى والمسيطر عليه — ولسنا نقصد بهذا العقل، بطبيعة الحال، عقولنا الفردية؛ بل نعنى ذلك العقل الكلى الذى توجد فيه على شكل فِكَر تلك الذرات التى نشأت منها عقولنا .

وتلك المعرفة الجديدة تضطرنا إلى أن نعدل رأينا السابق الفطير، وهو أننا قد ألقىَ بنا مصادفة فى كون لا يعنى بالحياة أو أنه عدو لها بالفعل . ويلوح أن من المحتمل أن يختفى من الوجود مذهب ثنائية العقل والمادة القديم، الذى كان من أكبر أسباب هذه العداوة، ولن يكون سبب اختفائه أن المادة ستصبح بطريقة مّا أقرب إلى الوهم أو إلى اللامادية منها فى أى وقت آخر، ولا أن العقل نفسه سيستحيل إلى وظيفة من وظائف ناموس المادة، بل سيكون سببه أن المادة المجسمة ستستحيل إلى شىء من خلق العقل ومظهر من مظاهره. ونحن واجدون أن فى الكون دلائل على وجود قوة مدبرة أو مسيطرة، يوجد بينها و بين عقولنا الفردية شىء مشترك، ومبلغ علمنا الآن أن هذا الشىء المشترك ليس هو العاطفة أو الأخلاق أو تقدير الجمال، ولكنه الرغبة فى أن نفكر بطريقة خير ما نصفها به أنها رياضية، لأننا لا نجد الآن أصلح من هذا التعبير . وفى الكون أشياء كثيرة قد تكون مناهضة لما يتصل بالحياة من أعراض مادية، ولكن فيه أيضاً أشياء كثيرة ذات صلة قريبة بنواحى النشاط الأساسية للحياة، فلسنا إذن غرباء أو دخلاء فى الكون بالقدر الذى كنا نظنه أول الأمر . ولقد كانت تلك الذرات الخاملة التى تحتويها الطينة اللينة الأولى التى بدأت تظهر فيها صفات الحياة — كانت تلك الذرات تعمل على أن تزيد انسجامها مع طبيعة الكون الأساسية لا أن يقلّ .

ذلك على الأقل ما نميل إلى افتراضه الآن ، ولكن أحدا لايدرى كم مرة يلتوى نهر المعرفة . وجدير بنا ، وتلك الخواطر دائما نصب أعيننا ، أن نختتم هـــذا البحث بأن نقول فى صراحة تامة ما كان يصح أن يقرأ فى ثنايا سطور كل فقرة من فقرات هذا الكتاب ، وهو أن كل ما قلناه فيه ، وكل حكم حاولنا أن نصدره ، ظنى غير أكيد . وكل ما فعلناه أنناحاولنا أن نبحث هل لدى العلم اليوم ما يقوله فى بعض المسائل الصعبة، التى قد تبقى دائما بعيدة عن متناول العقل البشرى. ومهما أكبرنا من شأن ما وصلنا إليه ، فإننا لا نستطيع أن ندعى أننا قد تبينا أكثر من بريق ضئيل ؛ وقد لا يكون هذا البريق كله إلا وهما وخداعا ، لأننا لم نستطع أن نلمح منه شيئا إلا بعد أن أجهدنا عيوننا فى التطلع اليه ، وبذلك لا يكون أهم ما نريد أن نقرره هو أن لدى علم اليوم أحكاما يصدرها ، بل يجب أن يكون ما نقرره أن من واجب العلم أن يمتنع عن إصدار الأحكام — ذلك أن نهر المعرفة كثيرا ما التوى على نفسه .

# دليل الموضوعات

# دليل أسمـاء الأعلام

## ( ل )



## ( م )



## ( ن )



## ( هـ )



## ( و )



## ( ى )

# قائمة المصطلحات العلمية

## ( عربى — انجليزى )

### ( أ )

| عربى | English |
|---|---|
| أثير | Ether. |
| أحياء أولية | Simple organisms. |
| أخطبوط | Octopus. |
| أداة آلية | Mechanical device. |
| الأزوت | Nitrogen. |
| اشعاع | Radiation |
| أشعاع سينى | X-radiation. |
| أشعاع كامن | Potential radiation. |
| أشعاع كونى | Cosmic radiation. |
| أشعاع مادون الأحمر | Infra-red radiation. |
| اشعاع مافوق البنفسجى | Ultra-violet radiation |
| أشعة جاما | Gamma rays. |
| أصل لقياس السكون المطلق | Standard of absolute rest. |
| أصل للقياس ينسب إليه | Standard of reference. |
| أقطاب مغنطيسية | Magnetic poles. |
| آلة — جهاز — عدة | Mechanism. |
| الكترون — كهرب | Electron. |
| امتصاص | Absorption. |
| انبعاث | Emission. |
| انتشار | Propagation. |
| انتظام | Uniformity. |
| انحناء — تقوس | Curvature. |
| انعكاس | Reflection |
| الانفصال — عدم الاتصال | Discontinuity. |
| انكسار — انعطاف | Refraction |
| أنهار الجليد الجبلية | Mountain glaciers. |
| اهتزاز — تذبذب — ذبذبة | Vibration. |
| أوكسيجين | Oxygen. |
| ايدروجين | Hydrogen. |
| الايدروليكا أودراسة السوائل المتحركة | Hydraulics. |

## (ب)

البصريات — علم الضوء — Optics.

بروتون — Proton.

## (ت)

تام المرونة — Perfectly elastic.

التأثير عن بعد — Action at a distance.

تحويل — تحول — Transformation.

التداخل — Interference.

تذبذب — ذبذبة — اهتزاز — Vibration.

تفكك تلقائى — Spontaneous disintegration.

تقوس — انحناء — Curvature.

تكاثر — Reproduction

تماسك — Cohesion.

تنافر — Repulsion

توتر — Tension.

## (ث)

ثابت التكامل فى معادلة تفاضلية — Constant of integration in a differential equation.

ثنائية — Duality.

## (ج)

الجاذبية — Gravitation.

جبال الجليد — Icebergs.

الجبرية — Determinism.

جزيئات — Molecules.

جسيم — Particle.

جسيم الفا — Alfa-particle.

جليد — Ice.

جهاز — عدة — آلة — Mechanism.

## (ح)

حالة انفعال — State of strain.

حامل الضوء — Luminiferous.

حجر نيزك — Meteorite.

حركات المد والجزر — Tides

الحركة المطلقة — Absolute motion.

حركة دائرية — Circular motion.

حركة موجية — Wave motion.

حزمة ضوئية — Beam of light

| | |
|---|---|
| Reality | حقيقة |
| Objective reality. | حقيقة موضوعية |
| Real | حقيقى |
| Diffractive rings. | حلقات الحيود |
| Concentric rings. | حلقات متحدة المركز |

## ( خ )

| | |
|---|---|
| Emergence. | خروج — نفاذ |
| Vertical-line. | الخط الرأسى |
| World-line. | خط الوجود |
| Cell. | خلية |
| Spectral lines. | خطوط طيفية |
| Lines of force. | خطوط القوة |
| Filament. | خيط — سلك دقيق |

## ( د )

| | |
|---|---|
| Hydraulics. | دراسة السوائل المتحركة أو الأيدروليكا |
| Entropy. | درجة التعادل |
| Cyclone. | دوامة |
| Thermo-dynamics. | الديناميكا الحرارية |

## ( ذ )

| | |
|---|---|
| Vibration. | ذبذبة — اهتزاز — تذبذب |
| Monads. | ذرات روحية |
| Atom. | ذرة |
| Dodecahedron. | ذو الاثنى عشر وجها |
| Octahedron. | ذو الثمانية الأوجه |
| Icosahedron. | ذو العشرين وجها |

## ( ر )

| | |
|---|---|
| Radium | الراديوم |
| Reaction | رد فعل |
| Jerks. | رعشات — هزات — قفزات |
| Applied mathematics. | الرياضة التطبيقية |

## ( ز )

| | |
|---|---|
| Angle of reflection. | زاوية الانعكاس |
| Angle of incidence. | زاوية السقوط |
| Aberration of light. | الزيغ الضوئى |
| Xenon. | الزينون |

(س)

سدم لولبية — Spiral nebulae.

سديم — Nebula.

سرعة مطلقة — Absolute speed.

سرعة متظمة — Steady speed.

سكون مطلق — Absolute rest.

سلك دقيق — خيط — Filament.

(ش)

شهاب — نيزك — Meteor.

شهاب — نجم هاو — نيزك — Shooting star.

(ص)

الصفر المطلق — Absolute zero.

صقيع — Frost.

صوت — Sound.

(ض)

ضغط — Pressure.

(ط)

طاقة — Energy.

طاقة آلية — Mechanical energy.

طاقة كلية — Total energy.

طبقة الصوت — Pitch of sound.

الطبيعة — الفطرة — Nature.

الطبيعيات الرياضية — Mathematical physics.

الطول الموجى — Wave-length.

طيف — Spectrum.

(ظ)

ظاهرة — Phenomenon.

ظواهر صغيرة المقياس — Small-scale phenomena

ظواهر كبيرة المقياس — Large-scale phenomena.

ظواهر كهربائية مغنطيسية — Electromagnetic phenomena.

(ع)

عالم الطبيعة — Physicist.

عالم فى العلوم — Scientist.

| | |
|---|---|
| عجلة | Acceleration. |
| عدم الاتصال — الانفصال | Discontinuity. |
| عدم فناء الطاقة | Conservation of energy. |
| عدم فناء الكتلة | „ „ mass. |
| عدم فناء كمية الحركة | Conservation of momentum. |
| عدم فناء المادة | Conservation of matter. |
| عدة — جهاز — آلة | Mechanism. |
| عكس مربع المسافة | Inverse square of distance. |
| العلة والمعلول | Cause and effect. |
| علم الأحياء | Biology. |
| علم الارصاد الجوية | Meteorology. |
| علم الضوء — البصريات | Optics. |
| علم الطبيعة الميكانيكية | Mechanical physics |
| علم الفلك | Astronomy. |
| علم الهيئة | Cosmology |

## ( غ )

| | |
|---|---|
| غاية فى الصغر | Infinitesimal |
| غير مستقر | Unstable. |

## ( ف )

| | |
|---|---|
| فترات أو مسافات موسيقية | Musical intervals. |
| فرض | Hypothesis. |
| فرض صالح | Working hypothesis. |
| الفطرة — الطبيعة | Nature. |
| الفلسفة الآلية | Mechanistic philosophy. |
| فلك — مدار | Orbit. |
| فوتونات أو كمام الضوء | Photons or light-quanta. |

## ( ق )

| | |
|---|---|
| قائم بالنفس — نفسى | Subjective. |
| قابل للتحديد | Determinate. |
| قابلية التحديد | Determinacy. |
| قاعدة الاستبعاد | Exclusion principle. |
| قاعدة السببية | Principle of Causation. |
| قاعدة عدم التثبت | Uncertainty principle. |
| قاعدة عدم قابلية التحديد | Principle of indeterminacy. |
| قاعدة النسبية | Principle of relativity. |
| قانون الجذب العام | Universal law of gravitation. |

| | |
|---|---|
| قانون الاحتمالات | Law of probabilities. |
| قانون المتوسطات الرياضى | Mathematical law of averages. |
| القدرة على كسر (الأشعة) | Refracting power |
| قذيفة — مقذوف | Projectile. |
| قرون الاستشعار | Tentacles. |
| القصور الذاتى | Inertia. |
| قضبان القياس | Measuring-rods. |
| قضيب مغنطيسى | Bar magnet. |
| قفزات — هزات — رعشات | Jerks. |
| قواعد ميكانيكية | Mechanical principles. |
| قوانين عامة | Universal laws. |
| قوانين عدم الفناء | Conservation laws. |
| قوانين المصادفة الرياضية | Mathematical laws of chance. |
| قوس قزح | Rain-bow |
| قوة آلية | Mathematicol force. |
| قوة حيوية | Vital force. |
| قوى الكم | Quantum forces. |
| قوى كهربائية | Electric forces. |
| قوى مغنطيسية | Magnetic forces. |

## ( ك )

| | |
|---|---|
| كائن | Entity. |
| كتلة السكون | Rest-mass |
| كتلة الطاقة | Energy-mass. |
| كربون | Carbon. |
| كام الضوء أوفوتونات | Light-quanta or photons |
| كهرب — الكترون | Electron. |
| كوكب | Planet. |
| كون | Universe. |
| كون دورى | Cyclic universe. |
| كون مركزه الأرض | Geocentric universe. |

## ( م )

| | |
|---|---|
| متصل | Continuum. |
| متصل الفضاء والزمن | Space-time continuum. |
| مجال مغنطيسى | Magnetic field. |
| مجرب — معتبر | Experimenter. |
| المجرة | Milky-way. |
| مجموعة أمواج | System of waves. |

مجموعة شمسية Solar system.

مجموعة كوكبية Planetary system.

المجموعة المجرية من النجوم
Galactic system of stars.

مجموعة مزدوجة أو ثنائية Binary system.

مدار — فلك Orbit.

مذنبات Comets.

مذهب العقليين Rationalism

« المثالية Idealism.

المذهب الواقعى Realism

مرونة Elasticity.

مسافات أو فترات موسيقية Musical intervals.

مسبار الغور ذو الرصاص Sounding-lead.

مستوى Plane.

مشحون Charged.

مشف Transparent.

معتم Opaque.

معدل Rate

مغنطيسية Magnetism

مقدرة حيوية Vital capacity.

مقذوف — قذيفة Projectile.

مقياس فهرنهيت Fahrenheit scale.

مكان خال Vacancy.

مواد ذات نشاط إشعاعى
Radio-active substances

موجة Wave.

مويجة دائرية Circular ripple.

الميكانيكا الموجية Wave-mechanics.

## ( ن )

نجم مزدوج أو ثنائى Binary star

النشاط الإشعاعى Radio-activity

نظرية حرية الإرادة Free-will theory

نظرية التطور Theory of Evolution

نظرية الكم Quantum theory

النظرية الكهربائية الديناميكية
Electro-dynamical theory

النظرية الموجية Undulatory theory

نفاذ — خروج Emergence

نفسى أو قائم بالنفس Subjective

نيزك — شهاب Meteor

( ه )

هرم ثلاثى — Tetrahedron.

هزات — رعشات — نقزات — Jerks.

هندسة كثيرة الابعاد — Multi-dimensional geometry.

هيليوم — Helium.

( و )

وحدات كهربائية استاتيكية — Electrostatic units.

الوزن الذرى — Atomic weight.

وسط — Medium.

وسط متموج — Undulating medium.

الوعى — Consciousness.

( ى )

ينقلص — Contract.

يتجمع — Converge.

تعادل — Neutralise.

# قائمة المصطلحات العلمية

## ( انجليزى — عربى )

## SCIENTIFIC TERMS

*(English-Arabic)*

### A

| | |
|---|---|
| Aberration of light. | الزيغ الضوئى |
| Absolute motion | الحركة المطلقة |
| ,, rest. | السكون المطلق |
| ,, speed. | السرعة المطلقة |
| ,, zero. | الصفر المطلق |
| Absorption. | امتصاص |
| Acceleration. | عجلة |
| Action at a distance. | التأثير عن بعد |
| Alfa particle. | جسيم الفا |
| Angle of reflection. | زاوية الانعكاس |
| Angle of incidence. | زاوية السقوط |
| Applied mathematics. | الرياضة التطبيقية |
| Astronomy. | علم الفلك |
| Atom. | ذرة |
| Atomic weight. | الوزن الذرى |

### B

| | |
|---|---|
| Bar magnet. | قضيب مغنطيسى |
| Beam of light. | حزمة ضوئية |
| Binary system. | مجموعة مزدوجة أو ثنائية |
| Binary star. | نجم مزدوج او ثنائى |
| Biology. | علم الأحياء |

### C

| | |
|---|---|
| Carbon. | كربون |
| Cause and effect. | العله والمعلول |
| Cell. | خلية |
| Charged. | مشحون |
| Circular motion. | حركة دائرية |
| Circular ripple. | مويجة دائرية |
| Cohesion. | تماسك |

Comets. مذنبات

Concentric rings. حلقات متحدة المركز

Consciousness. الوعى

Conservation laws. قوانين عدم الفناء

Conservation of energy. عدم فناء الطاقة

Conservation of mass. عدم فناء الكتلة

Conservation of matter. عدم فناء المادة

Conservation of momentum
عدم فناء كمية الحركة

Constant of integration in a differential equation. ثابت التكامل فى معادلة تفاضلية

Contract. يتقلص

Continuum. متصل

Converge. يجمع

Corpuscular theory of light
نظرية الدقائق فى الضوء

Cosmic radiation. اشعاع كونى

Cosmology. علم الهيئة

Curvature. تقوس — انحناء

Cyclic universe. الكون الدورى

Cyclone. دوّامة

## D

Determinacy. قابلية التحديد

Determinate. قابل للتحديد

Determinism. الجبرية

Diffractive rings. حلقات الحيود

Discontinuity. عدم الاتصال — الانفصال

Dodecahedron. ذو الاثنى عشر وجها

Duality. ثنائية

## E

Elasticity. مرونة

Electric forces. قوى كهربائية

Electrodynamical theory
نظرية الكهربائية الديناميكية

Electromagnetic phenomena
ظواهر كهربائية مغنطيسية

Electron. الكترون — كهرب

Electrostatic units
وحدات كهربائية استاتيكية

Emergence. نفاذ — خروج

Emission. انبعاث

Energy. طاقة

Energy-mass. كتلة الطاقة

Entity. كائن

Entropy. درجة التعادل

Ether. أثير

Exclusion principle. قاعدة الاستبعاد

Experimenter. مجرب — معتبر

**F**

Fahrenheit scale. مقياس فهرنهيت

Filament. خيط — سلك دقيق

Free-will theory. نظرية حرية الإرادة

Frost. صقيع

**G**

Galactic system of stars المجموعة المجرية من النجوم

Geocentric universe. كون مركزه الأرض

Gravitation. الجاذبية

Gamma-radiation. أشعة جاما

**H**

Helium. هليوم

Hydraulics. الأيدروليكا أو دراسة السوائل المتحركة

Hydrogen. ايدروجين

Hypothesis. فرض

**I**

Ice. جليد

Icebergs. جبال الجليد

Icosahedron. ذو العشرين وجها

Idealism. مذهب المثالية

Inertia. القصور الذاتى

Infinitesimal. غاية فى الصغر

Infra-red radiation. اشعاع مادون الأحمر

Interference. التداخل

Inverse square of distance عكس مربع المسافة

**J**

Jerks. هزات — رعشات — قفزات

**L**

Large-scale phenomena ظواهر كبيرة المقياس

Law of probabilities. قانون الاحتمالات

Light-quanta or photons كام الضوء أو فوتونات

Lines of force. خطوط القوة

Luminiferous. حامل الضوء

## M

Magnetic field. مجال مغنطيسى

Magnetic forces. قوى مغنطيسية

Magnetic poles. أقطاب مغنطيسية

Magnetism. مغنطيسية

Mathematical physics. الطبيعيات الرياضية

Mathematical law of averages
قانون المتوسطات الرياضى

Mathematical laws of chance
قوانين المصادفة الرياضية

Measuring rods. قضبان القياس

Mechanical device. اداة آلية

Mechanical energy. طاقة آلية

Mechanical force. قوة آلية

Mechanical principles. قواعد ميكانيكية

Mechanical physics. علم الطبيعة الميكانيكية

Mechanism. جهاز — عدة — آلة

Mechanistic philosophy. الفلسفة الآلية

Medium. وسط

Meteor. نيزك — شهاب

Meteorology. علم الأرصاد الجوية

Meteorite. حجر نيزك

Milky-way. المجرة

Molecules. جزيئات

Monads. ذرات روحية

Mountain glaciers. أنهار الجليد الجبلية

Multi-dimensional geometry
هندسة كثيرة الأبعاد

Musical intervals. فترات أو مسافات موسيقية

## N

Nature. طبيعة — الفطرة

Nebula. سديم

Neutralise. يتعادل

Nitrogen. الأزوت

## O

Objective reality. حقيقة موضوعية

Octahedron. ذو الثمانية الأوجه

Octopus. أخطبوط

Opaque. معتم

Optics. البصريات — علم الضوء

Orbit. مدار — فلك

Oxygen. أوكسيجين

## P

Particle. جسيم

Penetration. نفاذ

Perfectly elastic. تام المرونة

Phenomenon. ظاهرة

Photons or light-quanta فوتونات أو كمام الضوء

Physicist. عالم الطبيعة

Pitch of sound. طبقة الصوت

Plane. مستوى

Planet. كوكب

Planetary system. مجموعة كوكبية

Potential radiation. اشعاع كامن

Pressure. ضغط

Principle of Causation. قاعدة السببية

Principle of indeterminacy قاعدة عدم قابلية التحديد

Principle of relativity. قاعدة النسبية

Projectile. مقذوف — قذيفة

Propagation. انتشار

Proton. بروتون

## Q

Quantum forces. قوى الكم

Quantum theory. نظرية الكم

## R

Radiation. اشعاع

Radio-active Substances مواد ذات نشاط اشعاعى

Radio-activity. النشاط الاشعاعى

Radium الراديوم

Rain-bow. قوس قزح

Rate. معدل

Rationalism. مذهب العقليين

Reaction. رد فعل

Real. حقيق

Realism. المذهب الواقعى

Reality. حقيقة

Reflection انعكاس

Refracting power. القدرة على كسر (الأشعة)

Refraction. انكسار — انعطاف

Reproduction. تكاثر

Repulsion. تنافر

Rest-mass. كتلة السكون

Ripples. مويجات

## S

Scientist. عالم في العلوم

Shooting star. شهاب — نجم هاو — نيزك

Simple organisms. أحياء أوليه

Small-scale phenomena ظواهر صغيرة المقياس

Solar system. مجموعة شمسية

Sound. صوت

Sounding-lead. مسبار الغور ذو الرصاص

Space-time continuum متصل الفضاء والزمن

Spectrum. طيف

Spectral lines. خطوط طيفية

Spiral nebulae. سدم لولبية

Spontaneous disintegration. تفكك تلقائي

Standard of Absolute rest أصل لقياس السكون المطلق

Standard of reference أصل القياس ينسب اليه

State of strain. حالة انفعال

Steady speed. سرعة منتظمة

Subjective. نفسي — قائم بالنفس

System of waves. مجموعة أمواج

## T

Tension. توتر

Tentacles. قرون الاستشعار

Tetrahedron. هرم ثلاثي

Theory of Evolution. نظرية التطور

Thermo-dynamics. الديناميكا الحرارية

Tides. حركات المد والجزر

Transformation. تحول — تحويل

Total energy. الطاقة الكلية

Transparent. مشف

## U

Ultra-violet radiation. اشعاع ما فوق البنفسجي

Uncertainty principle. قاعدة عدم التثبت

Undulating medium. وسط متموج

Undulatory theory. النظرية الموجية

Uniformity. انتظام

Universe. الكون

Universal laws. قوانين عامة

Universal law of gravitation قانون الجذب العام

Unstable. غير مستقر

## V

Vacancy. مكان خال

Vertical line. الخط الرأسى

Vibration. تذبذب — ذبذبة — اهتزاز

Vital capacity. مقدرة حيوية

Vital force. قوة حيوية

## W

Wave. موجة

Wave-length. الطول الموجى

Wave mechanics. الميكانيكا الموجية

Wave motion. حركة موجية

Working hypothesis فرض صالح

World-line. خط الوجود

## X

Xenon. الزينون

X-radiation. اشعاع سينى

أعيد طبع هذا الكتاب بالمطبعة الأميرية ببولاق
فى يوم ٤ من رجب سنة ١٣٦١
(١٨ من يوليه سنة ١٩٤٢) م
مدير المطبعة الأميرية
محمد بكرى

المطبعة الأميرية ١٣٣٨-١٩٤٢-٢٠٠٠